

Mikko Haro

Työohje betonilaattojen halkeilun hallintaan

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakentamisen projektinhallinta

Insinöörityö

21.4.2016

Tekijä(t) Otsikko	Mikko Haro Työohje betonilaattojen halkeilun hallintaan
Sivumäärä Aika	73 sivua + 6 liitettä 27.4.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Rakentamisen projektinhallinta
Ohjaaja(t)	Juha Virtanen, Lehtori Kari Uusitalo, Työpäällikkö, YIT
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda YIT Rakennus Oy:n Infrapalveluiden, Rakennustekniset työt -yksikköön työohjeet betonilattioiden halkeilun hallintaan. Tarve tälle insinööriytyölle tuli, koska betonipinnoissa oli havaittu viimeisen vuoden aikana tavallista enemmän halkeilua.</p> <p>Tutkimusmenetelmiksi valittiin kirjallisuustutkimus ja asiantuntijahaastattelut. Kirjallisuustutkimuksella pyrittiin tuomaan oppikirjan mukainen betonilattian toteutus esille. Asiantuntijahaastatteluiden tarkoituksena oli löytää hiljaista tietoa oppikirjojen ulkoa ja tuoda esille sitä tosiasiaa että betonilattia on aina kompromissi laadun ja tehokkaan tuotannon välillä. Haastatteluissa tuli esille, että eri osapuolilla on lattianteosta hieman poikkeavia näkökulmia. Tutkimuksen perusteella voidaan sanoa, että betonilattioiden halkeiluun vaikuttaa useat eri asiat ja yhtä syytä halkeiluun ei oikeastaan ikinä pystytä määrittämään</p> <p>Työohjeen laadinnan perusteena oli tuottaa dokumentti, josta lattiatyötä johtava henkilö voi tarkastaa olosuhteiden, betonimassan ja valutekniikan vaikutukset betonilattian tuotantoon. Työohjeessa on yhdistetty haastatteluista saatuja tärkeimpinä pidettyjä tietoja sekä kirjallisuustutkimuksessa esiin tulleita kohtia.</p>	
Avainsanat	betonilaatta, halkeilu, työohje, laatu

Author(s) Title	Mikko Haro Work instruction for preventing cracking in concrete slabs
Number of Pages Date	73 pages + 6 appendices 26th April 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Project Management for Construction
Instructor(s)	Juha Virtanen, Senior Lecturer Kari Uusitalo, Production Manager, YIT
<p>The purpose of this engineering thesis was to create work instructions for concrete slab production for Infrastructure Construction Unit of YIT Construction Ltd. The work instructions aim especially to prevent cracking in the slabs. In the past year the number of cracked concrete slabs has been above average, which is why this engineering thesis was commissioned by YIT.</p> <p>Expert interviews and literature research were chosen as the research methods. Literature study was conducted to determine the textbook example of concrete floor production. In expert interviews the purpose was to find silent knowledge beyond any textbook and emphasize the fact that concrete floor is always a compromise between best quality and easy, fast production. In expert interviews it was found that different parties have slightly different opinions on how to build a concrete slab. This research shows that there are several factors that cause problems in concrete slabs and it is rarely possible to point out one reason that has caused the lack of quality. All these different factors are reviewed in this research</p> <p>The work instructions are meant to be used by the foreman who is in charge of the concrete floor work. The foreman can use them as a checklist that he can use to determine how the concreting circumstances, concrete and casting technique affect the concrete slab. The work instructions combine the most valuable information from expert interviews and literature research.</p>	
Keywords	concrete slab, cracking, work instruction, quality

Sisällysluettelo

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Tausta	1
1.2	Tavoitteet	1
1.3	Tutkimusmenetelmä ja rajaus	2
2	Paikallavaletun laatan suunnittelu ja toteutus	3
2.1	Yleistä betonirakenteiden suunnittelusta	4
2.2	Betonilattioiden perustyytit	7
2.2.1	Maanvarainen laatta	7
2.2.2	Paalulaatta	8
2.2.3	Pintabetonilaatta	9
2.2.4	Kantava paikalla valettu laatta ilman erillistä pintavalua	10
2.3	Laadukas valupohja	11
2.3.1	Maanvarainen laatta	11
2.3.2	Paikallavaluholvin pohjan vaatimukset	14
2.3.3	Pintabetonilaatan vaatimukset pohjalle	16
2.4	Raudoitus	17
2.4.1	Harjateräksellä raudoittaminen	17
2.4.2	Teräskuidut	19
2.4.3	Polymeerikuidut	21
2.4.4	Jänneteräokset	24
2.5	Betonimassa	26
2.5.1	Lujuus ja vesisementtisuhte	28
2.5.2	Notkeus	30
2.5.3	Kiviaines	31
2.5.4	Sementti	32
2.5.5	Betonin lisäaineet	33
2.5.6	Betonin seosaineet	35
2.6	Betonointi	37
2.6.1	Valuolosuhteet	37
2.6.2	Betonin siirto ja tiivistys	40
2.6.3	Hierto, pinnan suoruus ja kulutuskestävyys	43

2.6.4	Jälkihoito	46
2.7	Pinnoitus	48
3	Paikallavalettaviin betonilaattoihin halkeilua ja kutistumaa aiheuttavat tekijät	51
3.1.1	Viruman vaikutus halkeiluun	52
3.1.2	Plastinen kutistuma	53
3.1.3	Plastinen painuma	54
3.1.4	Autogeeninen kutistuma	55
3.1.5	Kuivumiskutistuma	55
3.1.6	Lämpötilan aiheuttamat muodonmuutokset	58
4	Asiantuntijahaastattelut	60
4.1	Pääkohdat suunnitteluun liittyvissä kysymyksissä	61
4.1.1	Yhteenveto	63
4.2	Pääkohdat betonimassan valinnassa	63
4.2.1	Yhteenveto	64
4.3	Pääkohdat työmaalla tapahtuvaan tuotantoon liittyvissä kysymyksissä	65
4.3.1	Yhteenveto	66
4.4	Yhteenveto	67
5	Työohjeen laadinnan perusteet	68
6	Yhteenveto	69
7	Pohdintaa	70
7.1	Jatkotoimenpiteet	70
	Lähteet	71
	Liitteet	
Liite 1.	Haastattelun runko	
Liite 2.	Haastattelu 1	
Liite 3.	Haastattelu 2	
Liite 4.	Haastattelu 3	
Liite 5.	Haastattelu 4	
Liite 6.	Betonilattioiden halkeilunhallinta ohje	

Lyhenteet ja käsitteet

Liippaus Pinnan viimeistely joko koneellisesti tai käsin

V/S Vesi-sementtisuhte

1 Johdanto

1.1 Tausta

Opinnäytetyö tehdään YIT Rakennus Oy:n Infrapalvelut liiketoimintaryhmän Rakennustekniset työt -yksikköön. Yksikön toimialaan kuuluvat mm. kalliotilojen sisustaminen, vaativat betonirakenteet, pysäköintilaitokset, teollisuusrakennukset ja vesihuollon rakennusteknisiätöitä. Yksikön ”laatufocus” vuoden 2016 ensimmäisen puolikkaan on betonipintojen laatu. Tämä opinnäytetyö on yksi osa niitä toimenpiteitä, jolla betonipintojen laatua pyritään parantamaan.

Betonilattioiden halkeilu on lattiakohteissa yleinen ongelma ja aiheuttaa paljon riitoja. Yksiselitteistä syytä betonilattioiden halkeilulle on usein vaikea määrittää. On esiintynyt sitä, että vaikka valetaan kaksi identtistä betonilattia samoissa olosuhteissa, toinen halkeaa ja toinen ei. Suurimpana ongelmana on kuitenkin rakenteiden huono ennakkosuunnittelu, jolloin halkeilun ehkäisemiseen ei osata varautua jo suunnittelupöydällä. Lattioiden toteutuksessa on myös pidetty yleisenä ristiriitana tuotannon halua tehdä lattiat omalla tavallaan ja suunnittelijoiden omallaan. Betonilattia onkin tämän takia aina kompromissi ja niin tulevat olemaan myös tämän opinnäytetyön tuloksena olevassa työohjeessa annetut ohjeet kultaiselta keskitieltä.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on esittää konkreettisia keinoja lattioiden halkeilun ehkäisemiseksi ja tuoda esille vähemmän tunnettuja betonin halkeiluun vaikuttavia kohtia joita ei välttämättä suoraan rakennesuunnittelija suunnitelmista löydy. Halkeiluun johtaa useat eri tekijät ja niitä on esitelty tässä opinnäytetyössä.

1.2 Tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena on tuottaa tuotantoon sopiva lattiatyöohje työnjohtajille. Työohjeessa käsitellään kolme useimmiten esiintyvää lattiarakennetta tilaajan työmailla. Nämä ovat maanvaraiset lattiat, pintabetonilattiat ja kantavat massiivibetonilattiat. Työohjeissa on tarkoitus tuoda esille yleisimmät tuotannon kompastuskohdat, vinkkejä suunnittelunohjaukseen ja kyseisen rakenteen erikoispiirteet halkeilun ja yleisesti laadukkaan

rakentamistavan kannalta. Työohjeen tarkoituksena ei ole antaa maallikolle kädestä pitäen opastusta, miten rakenne toteutetaan, vaan nimenomaan tuoda esille kyseisen rakenteen riskit lattiatyötä johtavalle henkilölle.

1.3 Tutkimusmenetelmä ja rajaus

Koska betonilaatta on aina kompromissi helpon tuotannon ja laadukkaan lopputuotteen välillä, valittiin opinnäytetyön tutkimusmenetelmiksi kirjallisuustutkimus ja asiantuntija-haastattelut. [26.]

Kirjallisuustutkimuksen kautta on tarkoitus löytää oppikirjasuoritus betonilattian suunnitteluun ja toteutukseen. Asiantuntijahaastatteluihin pyydettiin kaksi suunnittelutoimistoa, kaksi valmisbetonin toimittajaa ja kaksi lattiavalu-urakoitsijaa. Näiden haastatteluiden tarkoituksena on löytää hiljaista tietoa oppikirjatiedon ulkopuolelta ja tuoda esille sitä tosiasiaa, että betonilattia tosiaankin on aina kompromissi täydellisen laadun ja helpoimman työsuorituksen välillä.

Opinnäytetyön tuloksena olevaa työohjetta voidaan soveltaa osittain kaikkiin betonilattioihin. Työohje kuitenkin keskittyy antamaan hyvät lähtökohdat yllämainittujen kolmen lattiatyypin toteuttamiseen.

Näkökulma tutkimuksessa on tuotannossa. Opinnäytetyössä ei tulla käsittelemään laadun lisäksi muita betonilattioiden toteutukseen liittyviä näkökohtia kuten kustannuksia.

2 Paikallavaletun laatan suunnittelu ja toteutus

Betonilattian valmistusprosessin osapuolet ja toimenpiteet ovat seuraavat:

Taulukko 1. Betonilattian osapuolet [Bly 45/ Bly7 Betonilattiat 2014, Suomen betoniyhdistys ry]

Vaihe	Osapuoli	Toimenpide
Hankesuunnittelu	Tilaaaja / Käyttäjä	Lattian käyttötarkoituksen määrittäminen
Luonnossuunnittelu, tarjouskyselypiirustukset	Tilaaaja / Pääsuunnittelija / Rakennesuunnittelija	Laatuvaatimusten määrittely Kuormien määrittely Lattiatyypin valinta (kts 2.1) Suunnitteluperiaatteiden valinta <ul style="list-style-type: none"> - kuituraudoitus - tankorausdoitus - jännitetty rakenne Alustava suunnittelu ja mitoitus <ul style="list-style-type: none"> - rakenne paksuudet - raudoitus/kuitumäärät Halkeilun hallinta <ul style="list-style-type: none"> - saumajako - saumaton lattia - sahasaumat
Toteutussuunnittelu	Rakennesuunnittelija	Lopullinen suunnittelu Työpiirustusten laatiminen
Rakentaminen	Betonin toimittaja / Betonointi urakoitsija / Maanrakennus urakoitsija / Pääurakoitsija	Alustan tiivistys, Raudoitus, Betoninvalmistus, Betonointi, Jälkihoito, Laadunvarmistus
Käyttöönotto, käyttö ja huolto	Rakennesuunnittelija / pääurakoitsija	Käyttöönottoa, käyttöä ja huoltoa koskevat toimenpiteet Huoltokirjan laadinta

Työ tehdään YIT:llä yksikköön, jossa on tarkoituksenmukaista keskittyä laadun parantamiseen betonilattioiden rakentamisvaiheessa.

2.1 Yleistä betonirakenteiden suunnittelusta

Betonirakenteiden suunnittelua ohjasi 1.11.2007 asti ainoastaan ympäristöministeriön ylläpitämä rakentamismääräyskokoelman osa B2. Marraskuussa 2007 julkaistiin eurokoodien ensimmäiset 18 kansallista liitettä, mitkä mahdollistivat eurokoodien mukaisen suunnittelun käytön rakentamismääräyskokoelman rinnalle. Rinnakkaiskäytön aikana eurokoodeilla suunniteltaessa on huomattava että, esim. RakMk A2 Rakennuksen suunnittelijat ja suunnitelmat, mukaan lukien niihin sisältyvät ohjeet, ovat yhä voimassa. Betoniyhdistyksen julkaisu BY45/ Bly7 betonilattiat 2014 kuitenkin antaa ohjeet suunnitteluun eurokoodien mukaisesti ja siirtymäjaksen jälkeen tullaan eurokoodien kanssa päällekkäiset pykälät poistamaan rakentamismääräyskokoelmasta [4, s.5.]

Suunnittelun perusteena on suunnitella rakenteet niin, että ne ovat murtorajatilatarkasteluissa varmalla puolella ja niin että niiden käyttökelpoisuus sekä säilyvyys ovat riittävät suunnittelun perusteena olevissa ympäristöolosuhteissa. Suunnittelijan on laskelmilla osoitettava rakenteille riittävä kapasiteetti seuraavissa murtorajatilantarkasteluissa:

- Taivutus ja normaalivoima
- Leikkaus
- Vääntö
- Yhdistetyt rasitukset
- Rakenteen vakavuus
- Raudoituksen ankkurointi ja jatkokset
- Paikalliset puristus- ja halkaisuvoimat
- Väsymismurtorajatila

Käyttörajalatarkastelusta on osoitettavat seuraavat laskelmat:

- Siirtymät
- Halkeilu
- Jänneterästen jännitykset

Rakenteiden suunnittelussa on ensiarvoisen tärkeää ottaa huomioon tuotantotekniikan asettamat vaatimukset. [3.]

Maanvarainen laatta ei ole kantava rakenne, joten suunnittelussa ja mitoituksessa käytetään eurokoodia sovelletusti.[6.]

Betonilattioiden suunnitteluun kuuluu keskeisesti lattian laatuvaatimusten esittäminen. Luokitusjärjestelmä esittää lattian käytölle tärkeät ominaisuudet:

- Suoruus (A_0 , A, B, C, joista A_0 on vaativin)
- Kulutuskestävyys (1, 2, 3, 4, joista 1 luokka on vaativin)
- Sallittu halkeamaleveys (I, II, III)

Esimerkiksi **A - 2 - II**, missä ensimmäinen A-kirjain ilmoittaa suoruuden, numero 2 kulutuskestävyyden ja roomalainen numero II esittää sallitun halkeamaleveyden. Luokituksen perässä voidaan käyttää kirjainta **T**, mitä käytetään jos kyseessä on erityisen haastava kohde. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä että kohteessa tulee olla betonilattiayhdistyksen toteama betonilattiatyönjohtajan pätevyyden omaava henkilö. Perässä voi olla myös kirjain **P**, mikä tarkoittaa sitä, että kohteessa on oltava betonilattiayhdistyksen myöntämän pinnoitustyönjohtajan pätevyyden omaava henkilö.

Yllä mainittujen laatuvaatimusten lisäksi on myös luokittelemattomia laatuvaatimuksia kuten kemiallinen kestävyys, sähkönjohtavuus, liukkaus, säilyvyys ja värierot.

Lattian suoruuden laatuvaatimuksen täyttymistä mitataan suoruuspoikkeamalla suunnitellun lattiapinnan poikkeamaan vaakatasosta tai suunnitellusta kaltevuudesta.

Taulukko 2. Suurimmat sallitut poikkeamat suoruudesta. [by45/bly7 Betonilattiat 2014. Suomen betoniyhdistys ry. s18.]

Suoruus poikkeama	Mittausluokka L (mm)	Suurin sallittu poikkeama (mm)			
		A ₀	A	B	C
Hammastus		0	0	1	1
Poikkeama vaakasuurasta tai nimelliskaltevuudesta	Enintään 200	1	2	3	4
	Enintään 700	2	4	6	8
	Enintään 2000	4	7	10	14
	Enintään 7000	7	10	14	20
	Yli 7000	10	14	20	28

Kulutuskestävyyttä mitataan tyyppisesti VTT:n teräspyöräkokeella 3 kk vanhasta laatasta. Menetelmä ei ole standardoitu. Kokeen suorittamiseen on olemassa omat ohjeet, mutta tässä insinööriyössä ei ole syytä keskittyä kokeen asettamiin vaatimuksiin, vaan pikemminkin siihen, miten niihin vaatimuksiin päästään suunnittelun ja tuotannon valinnoilla.

Maanvaraisten lattioiden ja ei-rakenteellisten pintalattioiden suurimmat sallitut halkeamaleveydet ovat seuraavat:

Taulukko 3. Suositeltava suurin sallittu halkeamaleveys maanvaraisissa ja ei-rakenteellisissa laatoissa. [by45/bly7 Betonilattiat 2014. Suomenbetoniyhdistys ry. s.24]

Halkeamaleveysluokka				
	I	II	III	IV
Kuvaus	Vaativa	Normaali	Merkityksetön	Erikoisluokka
Sallittu halkeamaleveys (mm)	0,3	1,0	Ei vaatimusta	Määritetään erikseen

IV-luokka on erikoisluokka, jota käytetään, mikäli lattialle on asetettu erikoisvaatimuksia esimerkiksi vesitiiviyden, kemiallisen kestävyys tai ulkonäön suhteen. Laatta voidaan suunnitella täysin halkeamattomaksi, mutta sitä ei pidetä järkevänä. Halkeamaleveyksiin suunnittelussa pystytään vaikuttamaan raudoituksen määrällä, laatan paksuudella, sekä suunnittelemalla laatta siten ettei synny estetyn kutistuman tilannetta (maanvaraisessa laatasta käytännössä mahdoton.).

[6; s. 15-25.]

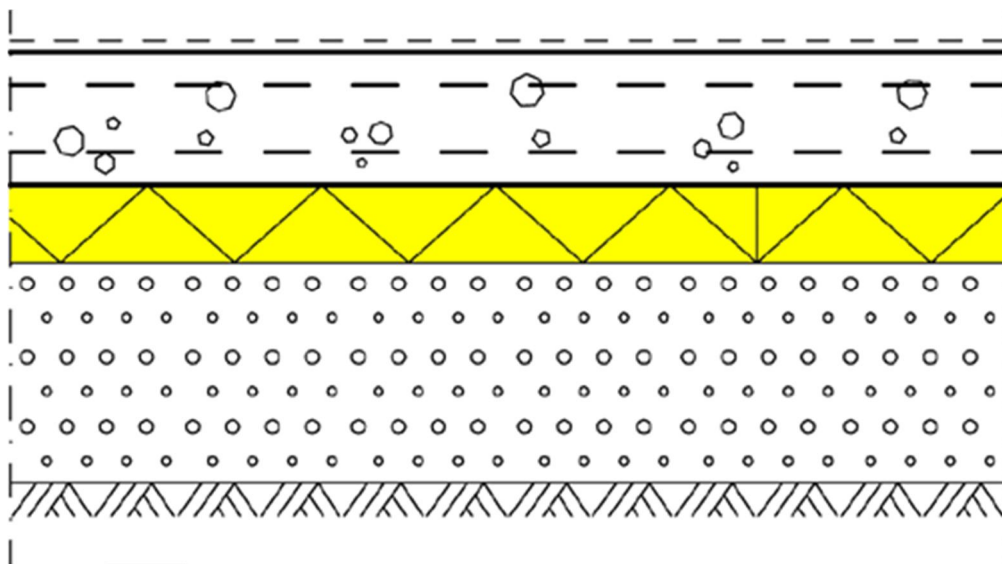
Kun nämä suunnittelun lähtökohdat ovat selvillä, perustuvat kaikki valinnat, tuotannossa ja suunnittelussa, asetettujen laatuvaatimusten toteuttamiseen mahdollisimman kokonaistaloudellisesti.

2.2 Betonilattioiden perustyyppit

Betonilattiat voidaan jakaa rakenteellisen toimintatavan mukaan seuraaviin perustyypppeihin:

2.2.1 Maanvarainen laatta

Maanvaraisella laattalla tarkoitetaan suoraan maata vasten tai lämmöneristeen päälle valettavaa betonilaattaa. Lämmöneriste asennetaan useimmiten välittömästi laatan alle, mutta sen sijoittaminen syvemmälle laatan alapuolelle, n.300 mm paksun täyttökerroksen alle on myös mahdollista. Eristeen sijoittaminen hyvin tiivistetyn täyttökerroksen alle antaa mahdollisuuden laatan betonointiin suoraa betoniautosta. Eristeeseen kohdistuva paine on myös pienempi kun se sijaitsee täyttökerroksen alla. [6.]



Kuva 1. Maanvarainen laatta, missä lämmöneriste sijaitsee heti laatan alla [by45/bly7 Betonilattiat 2014, Suomen betoniyhdistys ry.]

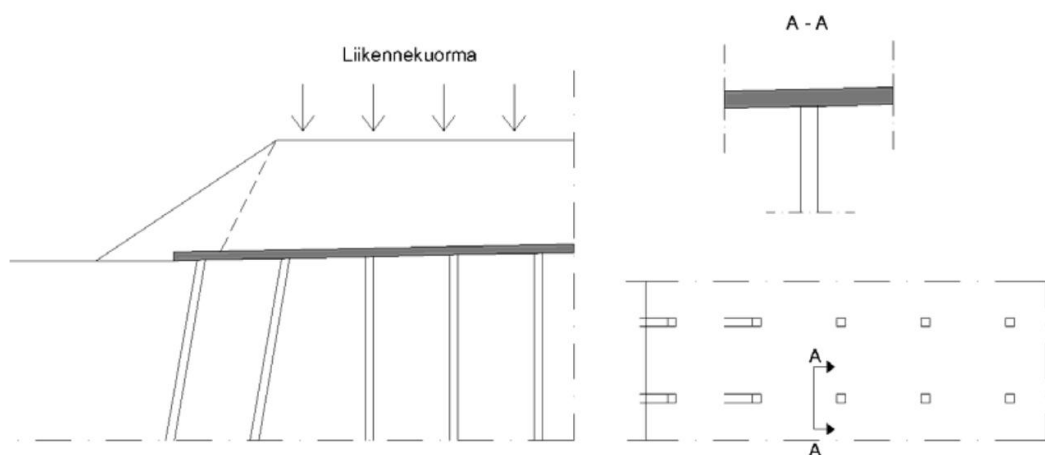
Maanvarainen laatta mitoitetaan kimmoisalla alustalla olevana teräsbetoni tai kuitubetoni betonirakenteena. Mitoitukseen vaikuttaa alustan maapohjan ja lämmöneristeen kantavuus, sekä rakenteeseen vaikuttavat pakkovoimat. Maanvarainen laatta soveltuu ainoastaan hyvin kantavalle maapohjalle ja suositeltu minimipaksuus on 100 mm.

Pakkovoimia, kuten kuivumiskutistumaa ja lämpötilan muutoksen aiheuttamia liikkeitä, torjutaan suunnittelussa voimien siirtämisellä raudoitukseen, säätelämällä alustan ja laatan välistä kitkaa, tai suunnittelemalla rakenne siten että vetojännitykset eivät ylitä sallittuja arvoja. Rakenteen suunnittelussa on myös otettava huomioon rakenteen kosteustekninen toimivuus, mikäli maanvarainen laatta pinnoitetaan vesihöyrynläpäisevyydeltään tiiviillä pinnoitteella. Maanvarasien lattian mitoitusta ohjaa euronormit.

Pohjarakennussuunnittelija määrittää laatan alusrakenteet ja antaa alustaluvun itse betonilattian suunnittelua varten. [6; s. 10.]

2.2.2 Paalulaatta

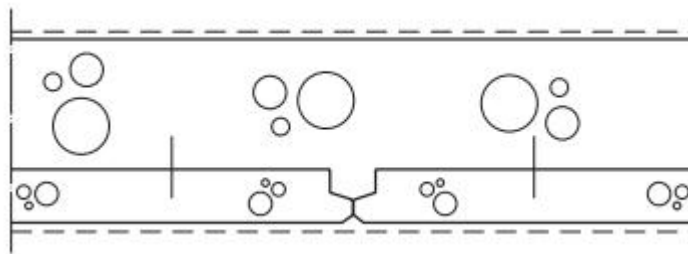
Paalulaatta on maata vasten valettava laatta, joka mitoitetaan kantavana teräsbetonirakenteena, kantavien rakenteiden suunnitteluohjeen mukaisesti, eikä maapohjan kantokykyä huomioida mitoituksessa ollenkaan. Tänä päivänä paalulaattoja toteutetaan myös teräskuitubetonirakenteina. Paalulaattojen suunnittelussa on huomioitava käyttörajatilan taipumat tasaisuusvaatimuksia määritettäessä. Paalulaattoja käytetään varsinkin infrarakentamisessa. [6; s. 11.]



Kuva 2. Paalulaatta väylän alla. [www.Liikennevirasto.fi]

2.2.3 Pintabetonilaatta

Kovettuneen betonin päälle valettavat pintabetonilattiat ovat pääsääntöisesti alustaansa kiinnitettyjä ei-rakenteellisia laattoja. Tämän kaltaiset laatat ovat yleisiä varsinkin toimisto- ja asuntorakennusten elementtivälipohjissa. Pysäköintilaitoksissa/teollisuuslaitoksissa kuorilaatan päälle valettavat pintabetonilattiat ovat rakenteellisia, joten niiden suunnittelua ohjaavat liittorakentamista koskevat määräykset. Toteutuksessa voidaan kuitenkin soveltaa normaalisti betonilaattoja koskevia ohjeita. [6.]

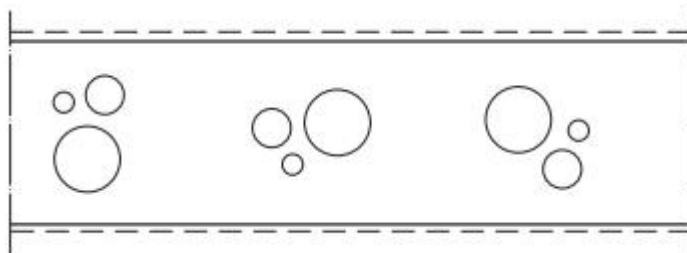


Lattianpäällyste ja pintakäsittely huoneselosteen mukaan
Kantava rakenne, liittorakenne rakennesuunnitelman mukaan
 $\geq 170 \text{ mm}$ **Teräsbetonilaatta**, paikalla valettu, by 45, luokka käyttötarkoituksen mukaan, pintahierto
 $\geq 70 \text{ mm}$ **Teräsbetonilaatta**, kuorilaatta
Kattopinta ja pintakäsittely huoneselosteen mukaan

Kuva 3. Pintabetonilaatta. [RT 83-10902 välipohjarakenteita; s. 8]

Pintalaatan toteutuksessa ensisijaisen tärkeää on varmistaa pintabetonin virheetön tartunta/irrotus valupohjasta. Pintalaatan osittainen irtoaminen johtaa hallitsemattomaan halkeiluun ja käyristymiseen. [6; s. 11-12.]

2.2.4 Kantava paikalla valettu laatta ilman erillistä pintavalua



≥ 240 mm **Lattianpäällyste ja pintakäsittely** huoneselosteen mukaan
Kantava rakenne rakennesuunnitelman mukaan, paikalla valettu teräsbetoni-laatta,
 pintahierto
Kattopinta ja pintakäsittely huoneselosteen mukaan

Kuva 4. Esimerkki massiivibetoni laatasta. [RT 83-10902 välipohjarakenteita; s- 12]

Rakennetta käytetään yleisesti asuntorakentamisessa ja pysäköintilaitoksissa. Asuntorakentamisessa tähän rakenteeseen päädytään yleensä, koska ääneneristävyys on hyvä ja mikäli valu on onnistunut, ei lattia pintaa tarvitse tasoittaa. Pysäköintilaitoksissa tärkeät ominaisuudet ovat hyvä kulutuskestävyys, karheus ja rakenteen säilyvyys. Pysäköintilaitoksissa raudoituskorroosion riski on merkittävä, koska rakenteeseen kohdistuu karbonatisoitumisen lisäksi kloridien, pääosin tiesuolan, aiheuttamaa rasiutusta. Kylmissä pysäköintilaitoksissa rakenteeseen kohdistuu myös pakkasrasiutusta. Pysäköintilaitoksissa tämä rakenne on useimmiten jälkijännitetty, jotta päästään hoikempiin rakenteisiin.

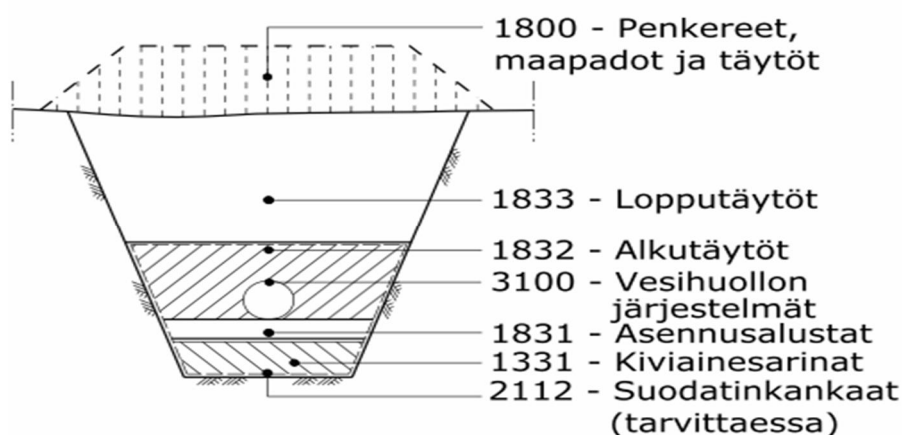
2.3 Laadukas valupohja

Tässä luvussa käsitellään maanvaraisenlaatan pohjan sekä holvirakenteen pohjan vaatimukset. Holvirakenteen yhteydessä käsitellään myös pintabetonivalun vaatimukset valettavalle pohjalle

2.3.1 Maanvarainen laatta

Alusrakenteen suunnittelun perusteena on varmistaa, että lattian käytön aikaiset muodonmuutokset pysyvässä ja muuttuvassa kuormituksessa ovat riittävän pienet. Maanvarainen laatta painuu, mikäli pohjamaa puristuu kokoon pitkäaikaisten kuormien alla. Kuormaa aiheuttavat pitkäaikainen hyötykuorma, pohjaveden aleneminen tai rakennuksen perustuksilta siirtyvät kuormat. Raskaiden koneiden tärinä ja dynaaminen kuorma voivat myös aiheuttaa maapohjassa ja alustäytöissä painumia. [6; s. 63.]

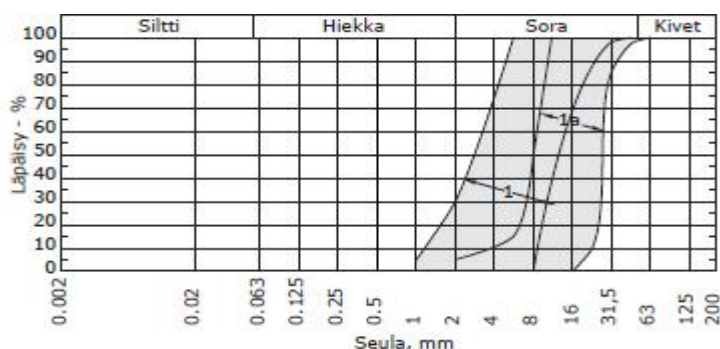
Kun kyseessä on maanvarainen laatta, on syytä keskittyä valupohjan ominaisuuksissa kosteustekniseen toimintaan, sekä maaperän kantavuuden saattamiseen vaadittuun lujuuteen. Käyn ensin läpi salaoja ja pohjaviemäri verkoston asennukseen liittyvät asiat ja tämän jälkeen pohjan muut vaatimukset.



Kuva 5. Johtokaivanto[InfraRYL2010]

Pysäköintilaitosten pohjaviemäreiden ja salaojien ollessa muovia, on asennusalustassa kiviaineen suurin sallittu raekoko 10% putken halkaisijasta. Viemäreille asennusalustan on oltava vähintään 150 mm ja salaojille 200 mm paksu. Kaivannonpohja on tiivistettävä alusrakennetta vastaavaksi ja huolehdittava kaivannosta lumi, jää ja putkea mahdollisesti vahingoittavat kivet pois. N2 luokan suodatinkangasta tulee käyttää alkutäytön ja pohjamaan välissä. Tasatun asennusalustan pystysuora poikkeama saa olla enintään ± 30 mm suunnitellusta. Valmiin asennusalustan tiiveysaste todetaan parannetulla Proctor-kokeella 100 m välein ja tiiveyssuhde kannettavalla pudotuspainolaitteella 20 m välein. Asennusalustan tiiviysvaatimus on sama kuin ympäröivän rakennekerroksen tiiviysvaatimus. [1.] [2.]

Taulukko 4. Salaojan ympärystäyttöihin käytettävän kiviaineen laatuvaatimukset (MaaRYL 2010)



Mikäli kyseessä on täysin maanpäällinen pysäköintilaitos, pystytään laatan alapuolinen kapillaarinen veden nousu ehkäisemään ilman salaojittusta, käyttämällä riittävä kapillaarikatkokerrosta. Kapillaarikatkon on oltava vähintään 300 mm paksu, mikäli betonilaatta vielä eristetään. Ellei 300 mm minimi paksuutta voida noudattaa, on kapillaarikatkokerroksen paksuuden silti oltava vähintään 20 % suurempi kuin käytetyn kiviaineen vedennousukorkeus määritettynä standardin SFS-EN-1097-10 mukaisesti. [1.]

Mikäli maanvarainen laatta joudutaan erikseen salaojittamaan, on kyseessä aluesalaojan asentaminen. Pienin sallittu salaojaputki on DN100 PE- tai PP-putki, jonka jäykkyys on vähintään SN8. Salaojien sijoituksen, asennuskaltevuuden ja tarkastuskaivoihin liittyvät tiedot määrittää aina kyseisen kohteen vastuullinen suunnittelija. Pysäköintilaitoksissa kaivojen kansistojen on vähintään kestettävä 400 kN:n voima. [1.]

Pysäköintilaitoksissa joudutaan asentamaan lähes poikkeuksetta pohjaviemäriverkosto maanvaraisten laattojen alle johtamaan autojen mukanaan tuoma vesi hallitusti rakennuksesta ulos. Ennen asennuksen aloittamista on varmistettava, että asennusalusta täyttää sille täytetyt vaatimukset. Viemäriverkoston asentamisessa on noudatettava aina materiaalin toimittajan ohjeita. Ritiä- ja tarkastus kaivojen on oltava teleskooppi kaivoja ja niiden kansistot on asennettava valmiiseen valukorkoon. [2.]

Putkikaivannon alkutäyttö tulee tehdä sellaisella kiviaineksella, joka sopii kaikille kaivannossa oleville putkille. Muoviputkien alkutäyttömateriaalin enimmäisraekoko on 0,1 x putken sisähalkaisija. Materiaali on hiekkaa tai soraa. Murskattujen kiviainesten käyttö on sallittu vähintään 110 mm:n sisähalkaisijaltaan olevien putkien alkutäyttöjen tekemiseen. Teräsputkien alkutäyttöjä tehdessä, putken toimittaja määrittää kaikki kiviaineisiin liittyvät asiat. Salaojien ympärystäytön materiaalin määrittää suunnittelija. Ennen alkutäytön tekemistä tulee putkilinjat tarkemmita. [2.]

Mikäli pohjaviemärit ja salaojat sijaitsevat tarpeeksi syvällä, on lopputäytössä hyvä käyttää kaivuu maita kapillaarikatkon alapintaan asti. Lopputäytössä käytetyn kiviaineen raeeseen suurin läpimitta ei kuitenkaan saa ylittää 2/3 kerralla tiivistettävän kerroksen paksuudesta. Salaojan lopputäyttöä saa tiivistää koneellisesti kun peite syvyys on yli 0,4 m. Valmis lopputäyttö tiivistetään päällysrakenteen tiiviysvaatimusten mukaan ja tiiveys todetaan samoin keinoin kuin asennusalustan tiiveys poikkeuksena tiiveysasteen mittaus tehdään 50 metrin välein. Tiedot käytetyistä materiaaleista ja tehdyistä mittauksista tulee luovuttaa tilaajalle. [2.]

Kun putkijohdot on asennettu ja niiden lopputäyttö tehty, päästään tekemään kapillaarikatkokerrosta. Mikäli kapillaarikatko tehdään koheesiomaan päälle, tulee nämä kerrokset erottaa N2 luokan suodatinkankaalla. Kapillaarikatko toteutetaan kuvan 2, rakeisuuskäyrän 1a mukaisella pestyllä kiviaineksella ja sen rakennekerrospaksuus on yllämainittu 300 mm, mikäli betonilaatan alle sijoitetaan lämmöneriste. Lämmöneristeen asennusta helpottamaan voidaan pinta tasata 50 mm:n kerroksella hienompaa sepeliä, minkä pienin sallittu lajike on 4/8 mm. Käytettävän lämmöneristeen on täytettävä samat lujuusvaatimukset kuin kantavan maaperän, useimmiten 300 kPa. Mikäli lämmöneristettä ei asenneta, määrittelee suunnittelija kapillaarikatkon paksuuden. Kapillaarikatko voidaan korvata kevytsoralajitteella KS420AP. Täyttöä tehtäessä on varmistettava riittävät kaadot

kaivoille (1:80 yleisesti ja 1:50 paikalliskaato 1,5 m säteellä kaivosta). N2 luokan suodatinkangas asennetaan valmiin kapillaarikatkokerroksen päälle, tai lämmöneristeen päälle, estämään betonimassan sekoittumista maa-ainekseen tai suojamaan eristelevyä. [2.]

Maanvaraisen betonilaatan pohjatöiden aikana varmistettavat asiat:

- Käytettävät materiaalit täyttävät niille asetetut vaatimukset
- Rakennekerrokset ovat suunnitelmien mukaiset
- Täytöt ovat tiiveysvaatimuksien mukaiset
- Putkilinjat on tarkemittattu
- Täyttö on tehty suunniteltujen korkojen ja kallistusten mukaisesti
- Putkilinjat on TV-kuvattu ja havaitut virheet korjattu

2.3.2 Paikallavaluholvin pohjan vaatimukset

Kun käsitellään paikallavalu holvia, tarkoitetaan pohjalla valumuottia, jonka päälle laatta valetaan. Muotille ei erikseen määräyksissä tai ohjeissa aseteta materiaaliin, työnsuorittamiseen tai itse muotin ulkonäköön liittyviä määräyksiä, vaan enemminkin käsitellään muottipinnan jättämää betonin pinnan laatua. Edellä mainitut asiat eivät kuitenkaan saa vaikuttaa betonin tai teräksen laatuun heikentävästi. Muotin ja muotin tukirakenteiden tulee kuitenkin olla sellaiset, etteivät betonin hieno-aineet tai vesi pääse vuotamaan muotista, betonin kovettumisen eikä valun aikana tapahdu haitallisia muodonmuutoksia ja että muottirakenteella saavutetaan mittatoleranssissa oleva rakenne. [3.]

Muotti ja tukirakennetta varten on laadittava suunnitelma, jossa on huomioitava työnsuorituksen aiheuttamat kuormat, kuten betonoinnin aiheuttamat sysäykset ja holvilla tarvittavan kaluston kuorma. Kaltevissa rakenteissa on huomioitava myös vaakasuuntaiset voimat. Holvirakenteet tehdään lähes poikkeuksetta yleisesti hyväksytyllä muottijärjestelmällä, jolloin muottisuunnitelma tulee pyytää muottikaluston toimittajalta. Muottikaluston toimittajan laatimassa suunnitelmassa esitetään myös kätevästi tarvittava kalusto ja tämän suunnitelman pohjalta kaluston tilaaminen on erittäin helppoa. [3.]

Betonipinnan ulkonäölliset vaatimukset esitetään betonipinnan laatuluokkina: luokka AA, A, B ja C. Luokkiin liittyvät laatutekijät vaakapintoja valettaessa löytyy alla olevasta taulukosta:

Taulukko 5. Vaakapintojen muottipinnan laatuvaatimukset [4; s. 2]

Laatutekijä	Yksikkö	Vaatimukset			
		Luokka AA	Luokka A	Luokka B	Luokka C
Nystermä					
Suurin korkeus	mm	2	3	6	6
Suurin leveys	mm	3	9	20	20
Suurin määrä	kpl/m ²	10	20	40	40
Syvennys					
Suurin syvyys	mm	2	4	7	7
Suurin leveys	mm	4	9	15	15
Suurin määrä	kpl/m ²	10	20	40	40
Hammastus	mm	1	2	5	5
Valupurse tai valuhaava muottisauman kohdalla					
Suurin korkeus tai syvyys	mm	1	2	4	4
Suurin leveys	mm	3	3	6	6
Suurin määrä	% sauman pituudesta	10	20	30	30
Vaakasuorassa valetun pinnan huokoset					
Suurin läpimitta ja syvyys	mm	7	8	10	10
Suurin kokonaismäärä	kpl/m ²	20	40	80	160
Vaakasuorassa valetun pinnan valuviat (korjattava)					
Suurin kokonaismäärä	mm	ei sallita	0,2	0,3	0,6
Suurin määrä	kpl/100 m ²	ei sallita	1	2	4
Pinnan käyryys ja aaltoilu					
Suurin mittapoikkeama	mm/1,5 m	3	5	8	8

Muottipinnalle asetetaan vaatimukset kunkin kohteen asiakirjoissa.

Kantavien rakenteiden muottien tukirakenteet saa purkaa kun betoni on saavuttanut 60 % nimellislujuudestaan, ellei suunnitelmissa ole esitetty muuta. [3 ;s. 117-118.]

2.3.3 Pintabetonilaatan vaatimukset pohjalle

Pintabetonilattioiden pohjan vaatimuksia määritettäessä on ensin määritettävä, onko pintabetonille laskettu kantavuutta vai ei. Kuorilaatan päälle valettaessa on pintabetoni laatta aina osa rakennetta jolloin sen tarttuvuudesta pintaan on varmistuttava. Jotta hyvä tartunta alusbetoniin saavutetaan, on varmistuttava seuraavista asioista:

- pinta on puhdas
- pinnan huokokset ovat avoimet
- alusbetoni on lujaa
- pinta on kostea, muttei märkä
- pinta on sula ja lämmin
- pinnassa ei ole mikrohalkeamia
- Alusbetoni on saanut riittävän pitkään jälkihoitoa.

Elementtipinnalle valettaessa pinnan valmisteluun valua varten riittää useimmiten tehokas harjaus ja imurointi. Pinnan kastelulle ei katsota olevan tarvetta, koska elementit ovat usein tuoreita joten niiden betoni on vielä kosteaa. Ontelo- ja kuorilaatat valmistetaan korkealaatuisesta, vettähylyvästä tiivistä betonista, joten niiden kastelu ennen valua jättää pahimmassa tapauksessa pintaan lammikoita jotka heikentävät pintamassan tartuntaa. Kuiva alusta on parempi pintabetonin tarttuvuudelle kuin kuiva. [6; s. 151-152.]

Kun kuorilaatan päälle valetaan pintalaatta, ei erillistä muottirakennetta useimmiten tarvita. Kuorilaatat on kuitenkin tuettava kohteen rakennesuunnitelmien mukaisesti, kunnes pintalaatat ovat saavuttaneet tarvittavan lujuuden.

Mikäli pintabetoni valetaan jo kantavuuden omaavan rakenteen päälle, voidaan laatta valaa täysin irti rakenteesta, jolloin alusbetonin päälle asennetaan laakerikerros esim. hiekkaa. Tällöin alusbetonin pinnan laadulla ei ole niin väliä.

Mikäli pintabetonilaatta valetaan massiivibetonilaatan päälle, pitää alusbetonin pinnan tarttuvuus ominaisuuksia parantaa. Paras tulos saadaan poistamalla pinnasta sementti-liima sinkopuhaltamalla. Sinkopuhallus vaikuttaa 0-12 mm syvyyteen alusbetonissa, jo-

ten pinnan pienet epätasaisuudet saadaan myös tällä menetelmällä tasattua. Sinkopuhallus ei myöskään aiheuta mikrohalkeamia toisin kuin esim. piikkaus tai jysyntä. Mikrohalkeamat heikentävät tartuntaa jopa 1MPa. [6; s.152.]

Kun laatta valetaan joko muotin tai kuorilaatan päälle, on nuorenrakenteen virumaa eslettävä jälkituennalla. Jälkituennan määrittää kohteen betonirakenteiden suunnittelija. [5. s.154]

2.4 Raudoitus

On kyseessä sitten massiivinen paikallavalettava palkit/laatta rakenne, tai maanvarainen laatta, on raudoituksen tehtävä betonirakenteessa aina sama: ottaa vastaan rakenteesseen kohdistuvat veto- ja leikkausrasitukset, koska nämä ominaisuudet ovat betonilla verrattain huonoja suhteessa sen puristuslujuuteen. Voidaan siis sanoa, että teräs ja betoni täydentävät toistensa ominaisuuksia. [3. s.243]

Laattoja voidaan raudoittaa neljällä eri tavalla: harjateräksellä, teräskuiduilla, polymeerikuidulla tai jälkijännitettynä. Kuhunkin raudoitustapaan liittyy omia erityistoimenpiteitä ja käyn ne alla läpi.

2.4.1 Harjateräksellä raudoittaminen

Betonissa käytettävien terästen valmistusta, ominaisuuksia, koostumusta ja laadunvalvontaa koskevat määräykset annetaan SFS-standardeissa. Terästoimittajilla on oltava voimassa standardien määrittämät laatusertifikaatit. Tämä takaa työmaalle toimitettujen tuotteiden olevan varmasti laatuvaatimukset täyttäviä. [3.]

Tankoraudoitteet on yleisimmin käytetty raudoitustapa. Tankoraudoitus voidaan toteuttaa irtotangoin tai esivalmistettuja raudoitteita käyttäen. Esivalmistettuja raudoitteita ovat mm. verkot, kaistaraudoitteet ja mattoraudoitteet. Maanvarainen laatta on paras tehdä käyttämällä raudoitusverkkoja. Maanvaraisissa laatoissa ei useimmiten raudoitustankojen halkaisija ei karkaa 12 mm suuremmaksi, jolloin varastoverkko (2350x5000mm) on vielä kannettavissa kahdella miehellä. Irtotankoja joudutaan käyttämään aina nurkkien

ja reunojen lisäraudoituksena. Kantavissa laattarakenteissa irtotankojen käyttö on yleisempää, koska harjaterästen halkaisijat ovat suurempia.



Kuva 6. Mattoraudoitteen levitys tapahtuu helposti [Bamtec.fi]

Mattoraudoite on teräsvanteella toisiinsa sidottuja irtotankoja, mikä on pyöräytetty kuvan 8. mukaisesti rullalle. Mattoraudoitteen tangot ovat 8-32 mm halkaisijaltaan ja väliä voidaan säätää portaattomasti 50-300 mm välillä. Mattoraudoitteen asentaminen on erittäin nopeaa ja helppoa. Ainoana miinuksena on se että verkot painavat maksimissaan 1500 kg joten nosturi on välttämätön.

Raudoitusvälikkeen koon määrittää rakenteelle suunniteltu käyttöikä, rakenteeseen kohdistuvat rasitukset sekä raudoitteen sijainti rakenteessa. Maata vasten tai vedenalaisissa valuissa suojaetäisyyden tulee olla kuitenkin vähintään 50 mm. Näitä seikkoja käydään tarkemmin läpi betoniin liittyvissä luvuissa.

Raudoitustöitä tehtäessä on ensisijaisen tärkeää varmistaa raudoitteiden oikea sijainti, määrä, kiinnitys työraudoitteisiin/välikkeisiin ja raudoitteen kunto. Näistä tarkastuksista on laadittava pöytäkirja ja havaitut asiat on dokumentoitava mahdollisimman hyvin.

[3.]

2.4.2 Teräskuidut

Teräskuitubetonia käytetään Suomessa tällä hetkellä maanvaraisten ja paalulaattojen toteuttamisessa.

Teräskuitubetonin toiminta perustuu tilanteeseen, jossa rakenne on halkeillut. Betoni on silloin menettänyt täysin vetolujuutensa jolloin normaalisti vetorasitukset otetaan vastaan harjateräs raudoituksella halkeamien yli. Teräskuidut toimivat rakenteessa periaatteessa samalla tavalla, eli siirtää voimia halkeaman yli. Teräskuitubetonin etu tulee siinä, että kuituja on huomattavasti enemmän ja ne ovat sijoittuneet tiheämmin kuin tanko-raudoitteet. Teräskuitujen käyttömäärät vaihtelevat $25\text{--}50\text{ kg/bm}^3$ välillä. Kantavissa rakenteissa, mitä maailmalla on toteutettu, on tyypillisesti 70 kg/bm^3 kuituja. Tämä tarkoittaa sitä, että kuitujen keskimääräinen välimatka on 13,7 mm. Merkittävin ero perinteisen ja kuituraudoituksen välillä on murtumismekanismi. Kuiduilla siis taistellaan kuivumiskuituman aiheuttamaa halkeilua vastaan. [7; s. 1.] [9.]



Kuva 7. Koukkupäisiä teräskuituja. Päätykoukut ehkäisevät laatan murtumista [betoni.com]

Teräskuitubetonilattiat suunnitellaan ja mitoitetaan kuten normaalisti raudoitettu laatta teräskuitubetonin lujuusominaisuuksia lukuun ottamatta. Suomen betoniyhdistyksen julkaisemassa teräskuitubetonirakenteiden suunnitteluohjeessa annetussa mitoituslähetyksessä käytetään virtuaalikuituperiaatetta, millä saadaan laatta suunniteltua 10–20% varmalle puolelle. Kansallisessa suunnitteluohjeessa käytetään amerikkalaista standardia määrittämään teräskuitubetonin ominaisuudet halkeilleessa tilassa, koska Euroopassa ei ole eurokoodi-tason suunnitteluohjetta kuitubetoneiden käytöstä. Kanta-

vien rakenteiden toteutuksessa joudutaan mitoitus perustamaan täysimittaisiin kuormituskokeisiin. Suomessa on kuitenkin laadittu suunnitteluohje teräskuitubetonilla toteutettavien tasapaksujen paalulaattojen suunnitteluun. Suunnittelussa teräskuitujen toimittaja antaa oman tuotteen lujuusarvot ja useimmiten määrittää kuidun määrän. Teräskuitulaatat voidaan suunnitella kutistumissaumoilla tai ilman, kuten harjateräksellä raudoitetut laatat. [6.] [7.]

Teräskuitubetonissa käytetyt kuidut ovat eri tavoin muotoiltuja 35-60 mm pitkiä, ohuita ja lujia teräslankoja, jotka sekoitetaan betonimassaan. Käytettävillä teräskuiduilla on oltava CE-merkintä.[7; s. 11.]

Teräskuitubetonilaatan toteutus on nopeaa ja halpaa. Teräskuituja käyttämällä säästetään työmaalla yhdestä työvaiheesta, raudoittamisesta. Teräskuitubetonin käsittely ei aiheuta normaalibetoniin verrattaessa lisätoimenpiteitä, taikka työmenetelmien muuttamista työmaalla. Teräskuidut tosin tekevät massasta hieman hankalammin pumpattavaa. Teräskuitubetoni laattojen toteutuksessa on kuitenkin yksi ominaispiirre, jota ei normaalisti raudoitetussa laatussa esiinny: kuituja jää aina pintaan. Pintaan jääneiden kuitujen sallitut enimmäismäärät ovat seuraavat:

Taulukko 6. Sallitut kuitumäärät pinnassa [by45/bly7 betonilattiat, Suomenbetoni yhdistys ry]

<i>Kuituja pinnassa / m²</i>		
Lattian tyyppi	Hyvä laatu	Tavanomainen laatu
Ilman kuivasirotetta	< 6 kpl	6-10 kpl
Sirotelattia	< 3kpl	3-6 kpl

Mikäli vaaditaan täydellinen kuiduttomuus, on pintaan valettava erillinen pintabetonikerros. [6.]

2.4.3 Polymeerikuidut

Polymeerikuiduilla on Euroopassa harmonisoitu tuotestandardi, joten 1.7.2013 alkaen betonissa käytetyillä kuidulla on ollut CE-merkintä. Kuidut jaetaan standardin mukaan muodon, valmistustavan ja käyttötarkoituksen perusteella kahteen pääryhmään: mikrokuidut ja makrokuidut.

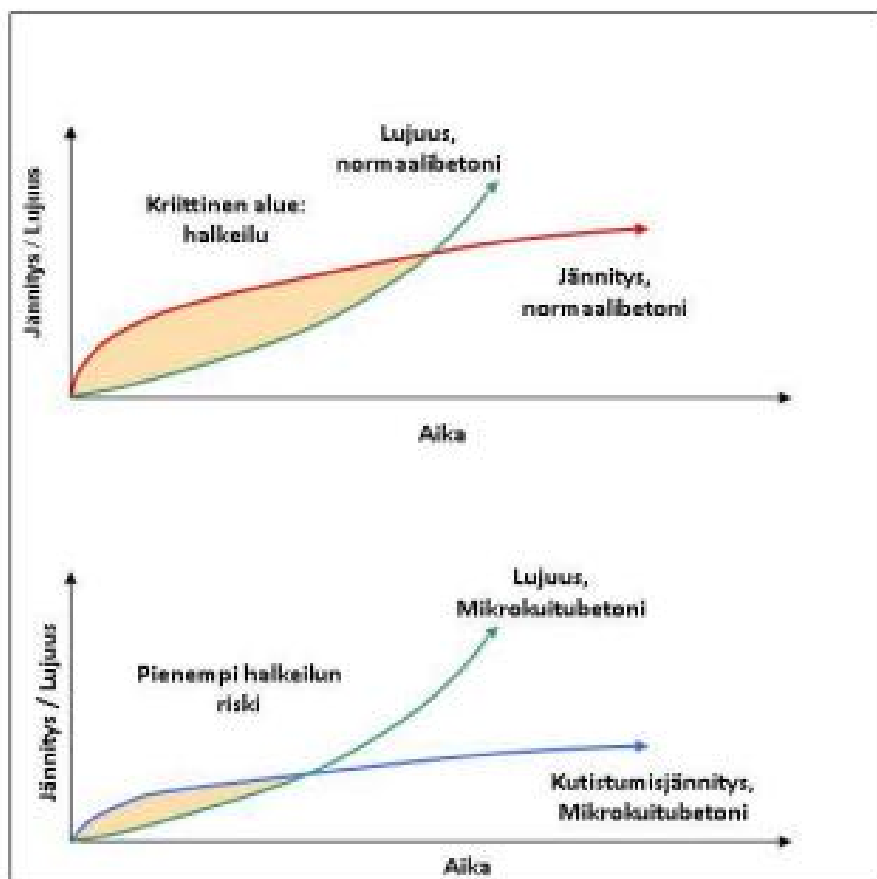
Mikrokuidut ovat nimensä mukaisesti pieniä, noin 5-30 mm pitkiä ja hiuksen paksuisia. Mikrokuitujen fysikaaliset ominaisuudet vastaavat tuoreen betonin ominaisuuksia. Vetolujuudet ovat luokkaa 300 MPa ja kimmokerroin 2000 MPa lähettyvillä. Mikrokuituja käytetään parantamaan tuoreen betonimassan seuraavia ominaisuuksia:

- Betonimassan koossapysyvyys
- Veden erottuminen vähenee
- Plastista kutistumaa ja plastista painumaa.

Kovettuneen betonin ominaisuuksiin vaikuttaa seuraavasti:

- Tiiveys saattaa parantua
- Iskunkestävyys saattaa parantua
- Kulutuskestävyys saattaa parantua
- Betonin lohkeilu saattaa vähentyä palotilanteissa.

Lattioissa mikrokuituja käytetään tuoreen betonimassan plastisen kutistuman aiheuttaman halkeilun rajoittamiseen. Kuitujen toiminta perustuu niiden pieneen kokoon ja suureen määrään, jopa satoja miljoonia kuutiometriä betonikuutiota kohti. Kuidut siis toimivat tuoreessa betonissa raudoituksen omaisesti estäen mikrohalkeamisen syntymisen 2-4 h betonin valusta, milloin betonilla ei käytännössä ole vielä ollenkaan omaa vetolujuutta. Mikrokuituja voidaan käyttää kaiken tyyppisissä lattiarakenteissa varsinkin vaativissa olosuhteissa plastisen kutistuman aiheuttaman halkeiluun.



Kuva 8. Mikrokuitujen plastista halkeilua alentava vaikutus verrattuna normaalibetoniin [by 13 Polymeerikuidut betonissa]

Mikrokuitujen käytössä on noudatettava kuituvalmistajien ohjeita kuitumäärän valinnassa eri käyttökohteisiin. Kuituja annostellaan normaalisti $0,6-1 \text{ kg/m}^3$, kun halutaan hillitä plastisen kutistuman aiheuttamaa halkeilua ja $1,5-2 \text{ kg/m}^3$ kun palotilanteen halkeilua halutaan vähentää.

Mikrokuitujen käyttö ei aiheuta työmenetelmiin muutoksia normaalibetonin työstämiseen verrattuna, eikä se vaadi työmaalla laadunvalvonnalta lisätoimenpiteitä.

Makrokuituja käytetään betonin kuivumisen, lämpöliikkeiden aiheuttaman kutistuman ja halkeiluun, sekä rakenteellisena raudoituksena CE-merkinnän mukaisesti. Makrokuituja ei saa käyttää kantavissa rakenteissa esim. paalulaatoissa toisin kuin teräskuituja sillä tehdyt tutkimukset ja niiden tulokset ovat ristiriitaisia.

Laattarakenteissa makrokuituja käytetään tyypillisesti maanvaraisissa laatoissa ja pinta-laatoissa samaan tapaan kuin teräskuituja, eli halkeilun hallinnassa ja harjateräsraudoituksen korvaajana.

Makrokuitujen tyypillinen paksuus on 0,5-1 mm ja pituus 40-60 mm. Makrokuidun toiminta betonissa perustuu niiden suureen määrään ja hyvään tartuntaan sementtipastan kanssa. Jotta kuidut toimisivat optimaalisesti, tulisi niiden kimmokertoimen olla mahdollisimman lähellä sementtipastan kimmokerrointa. Silloin kuidut siirtävät optimaalisesti jännitykset halkeamien yli. Kimmokerroin C25 betonissa on jo kuitenkin luokkaa 30000 MPa ja makrokuiduilla päästään parhaimmillaan 10000 MPa kimmokertoimiin. Makrokuidulla betonin murtuminen tapahtuu siis kuidun katkeamisella, toisin kuin teräskuidulla kuidun tartunta pettää ja se liukuu irti. Makrokuidut sopivat siis laattoihin, missä voidaan sallia suuret halkeama leveydet, kun pystytään käyttämään erittäin suuria määriä kuitua, laatta on paksu tai kutistumissaumaväli on normaalia pienempi.

Makrokuitujen käyttö ei aiheuta normaalista poikkeavia työmenetelmiä.

Kuitusekoituksia käytetään kohteissa, missä betonin ominaisuuksille on asetettu erikoisvaatimuksia. Näissä sekoituksissa on sekoitettu joko mikrokuitua ja teräskuituja, tai mikrokuituja ja makrokuituja. Molemmissa sekoituksissa ajatus on sama: vähentää plastisen vaiheen ja kuivumiskutistuman aiheuttamaa halkeilua.

Makrokuitujen tyypillinen paksuus on 0,5-1mm ja pituus 40-60mm.

[8; s .1-13.]

2.4.4 Jänneteräksset

Jälkijännitettyjen laattojen yleisimmät käyttökohteet ovat kylmien ja lämpimien pysäköintilaitoksien välipohja rakenteet. Paalulaattoja voidaan myös suunnitella raudoitettavaksi jänneteräksillä. Jännitettyjä laattoja toteutettaessa tulee työmaalle yksi työvaihe lisää, mutta laatan raudoitustyön määrä vähenee. Jälkijännitetyn rakenteen etuja ovat:

- Pitkät jännevälit
- Hoikat rakenteet
- Taipumat ovat pienempiä kuin laiskanraudan laatussa
- Laatan kuivumisen aikana ei synny lainkaan halkeamia
 - Rakenne on vedenpitävä
 - Korroosiosuoja on erinomainen
 - Pitkä käyttöikä
 - Alhaiset käyttökustannukset.

[10; s. 35.]

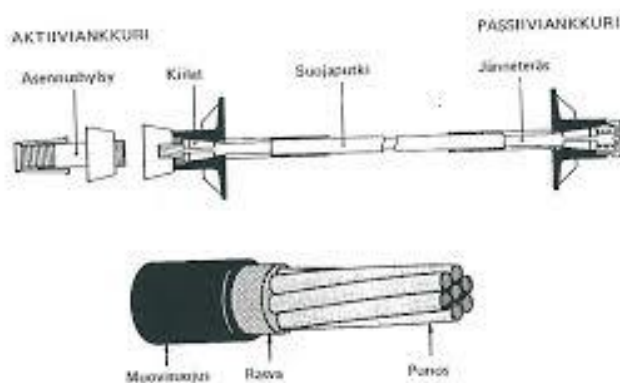
Jännittämisen teoria perustuu sellaisen puristusjännitystilan luomiseen rakenteeseen, että se summattuna ulkoisiin jännitystilaa aiheuttaviin kuormiin pitää poikkileikkauksen puristuksessa, ettei rakenteeseen pääse edes syntymään halkeilua aiheuttavaa vetojännitystä. Jännitettyjä rakenteita suunniteltaessa on seuraavin kohtiin kiinnitettävä erityistä huomiota:

- Betonin viruminen +
- Jänneteräksen relaksaatio +
- Betonin kutistuminen =
- KOKONAIJSÄNNITYSHÄVIÖ

Kokonaisjännityshäviö on siis edellä mainittujen kolmen kohdan summa.

[11; s. 587-620.]

Jälkijännitetyissä rakenteissa käytettävät punokset, joita käytetään yhdessä ankkureiden kanssa, valmistetaan kylmävedetyistä tangoista, jotka punotaan samansuuntaisesti. Tavallisimmin käytetyssä punoksessa on seitsemän lankaa, joissa keskellä kulkee ydinlanka ja sitä kiertää loput kuusi lankaa. Punosten valmistusta ohjaavat euronormit. Ankkurijännitejärjestelmissä käytetyt punokset suunnitellaan aina kyseisen järjestelmän aiheuttamia jännityshuippuja silmällä pitäen. [11; s. 68.]



Kuva 9. Ankkurijännitejärjestelmä [by45/bly 7 betonilattiat 2014]

Jännitystöistä on aina laadittava jännityssuunnitelma, mikä sisältää vähintään seuraavat asiat:

- Menetelmäkuvaus
- Jänteiden asennuspiirustus
- Jännittämisjärjestys
- Jännittämisvoimat ja -venymät
- Ankkurointi liukumien ja niiden toleranssien
- Betoninlujuus jännitettäessä ja tukirakenteita purettaessa
- Kohdekohtaiset muut tarpeelliset tiedot.

[7, s.135.]

Työmaalla tehtävät jännitystyön laadunvalvonta toimenpiteet:

- Jänteiden muovisuojaus ja muovisuojausten liitokset ankkureihin ja jatkoksiin ovat rikkoutumattomat
- Jänteiden asema ja tuenta varsinkin rakenteen tukia on oikeassa kohdassa
- Käytettävä jännitystunkki on kalibroitu
- Jännitys tapahtuu jännityssuunnitelman mukaisesti

[12; s.10-11.]

2.5 Betonimassa

Tutkimuksen käsitellessä halkeilun juurisyitä tässä betonia käsittelevässä luvussa käsitellään massan eri ominaisuuksien vaikutusta halkeiluun.

Lattiabetonin valinta perustuu seuraaviin kohtiin:

- Valmiille lattialle asetettuihin laatuvaatimuksiin
- Suunnitteluratkaisuun
- Valittuun toteutustapaan
- Vallitseviin valuolosuhteisiin

Nämä osatekijät asettavat usein ristiriitaisia vaatimuksia betonille, joten suunnitteluvaiheessa on laatuvaatimukset huomioitava ja asetettava tärkeysjärjestykseen. Lattiabetonin valinnassa lähtökohtana tulee olla, työmenetelmän ja laatuvaatimusten puitteissa, sellainen betonimassa minkä halkeilu ja kuivumiskutistuma on mahdollisimman pientä.

Suunnitellut käyttöiät antavat SFS:n laittaman standardin mukaan kuitenkin taulukoiden 7 ja 8 mukaiset vähimmäisarvot betonin tietyille ominaisuuksille, joita on noudatettava:

Taulukko 7. Suunniteltu käyttöikä 50 vuotta. [By 50 betoninormit 2012, Suomenbetoniyhdistys ry]

KOOSTUMUS JA OMINAIKUDET	RASITUSLUOKAT																	
	Ei rasitusta	KARBONISOITUMI- SEN AIHEUTTAMA KORROOSIO				KLORIDIEN AIHEUTTAMA KORROOSIO						JÄÄDYTYS-SULATUS- RASITUS				KEMIALISESTI AGGRESSIIVISET AINEET		
						MERIVESI			KLORIDIT MUUSTA KUIN MERIVEDESTÄ									
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2
SUURIN V/S SUHDE		0,90	0,80	0,60	0,60	0,50	0,45	0,45	0,55	0,55	0,45	0,60	0,50	0,50	0,45	0,50	0,45	0,40
VÄHIMMÄIS- LUJUUDELUOKKA	C12/ 15	C20/ 25	C20/ 25	C30/ 37	C30/ 37	C30/ 37	C35/ 45	C35/ 45	C30/ 37	C30/ 37	C35/ 45					C30/ 37	C35/ 45	C40/ 50
VÄHIMMÄIS- SEMENTTIMÄÄRÄ [KG/M³]		160	160	250	250	300	320	320	300	300	320	270	330	300	360	300	320	330
ILMAMÄÄRÄ [%]												4,0	5,0	4,0	5,5			

Taulukko 8. Suunniteltu käyttöikä 100 vuotta. . [By 50 betoninormit 2012, Suomenbetoniyhdistys ry]

KOOSTUMUS JA OMIN AISU UDET	RASITUSLUOKAT																	
	Ei rasitusta	KARBONISOITUMI- SEN AIHEUTTAMA KORROOSIO				KLORIDIEN AIHEUTTAMA KORROOSIO						JÄÄDYTYS-SULATUS- RASITUS				KEMIALLISESTI AGGRESSIIVISET AINEET		
						MERIVESI			KLORIDIT MUUSTA KUIN MERIVEDESTÄ									
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2 ^o	XF3	XF4 ^o	XA1	XA2
SUURIN V/S SUHDE		0,90	0,80	0,60	0,60	0,45	0,40	0,40	0,50	0,50	0,40	0,55		0,50		0,50	0,45	0,40
VÄHIMMÄIS- LUJUUSLUOKKA	C12/ 15	C20/ 25	C20/ 25	C30/ 37	C30/ 37	C30/ 37	C35/ 45	C35/ 45	C30/ 37	C30/ 37	C35/ 45					C30/ 37	C35/ 45	C40/ 50
VÄHIMMÄIS- SEMENTTIMÄÄRÄ [KG/M³]		160	160	250	250	300	320	340	300	300	320	270		300		300	320	330
ILMAMÄÄRÄ [%]												5,5		5,5				

2.5.1 Lujuus ja vesisementtisuhte

Taulukko 9. Betonin lujuudet [Siirtyminen eurokoodeihin, Tauno Hietanen, s.69, Betonilehti 4/2007]

RakMK B4	EN 206-1 ja EN 1992
K20	C16/20
K25	C20/25
K30	C25/30
K35	
	C30/37
K40	
K45	C35/45
K50	C40/50
K55	C45/55
K60	C50/60
	C55/67
K70	
	C60/75
K80	
	C70/85
K90	
	C85/95
K100	
	C90/105

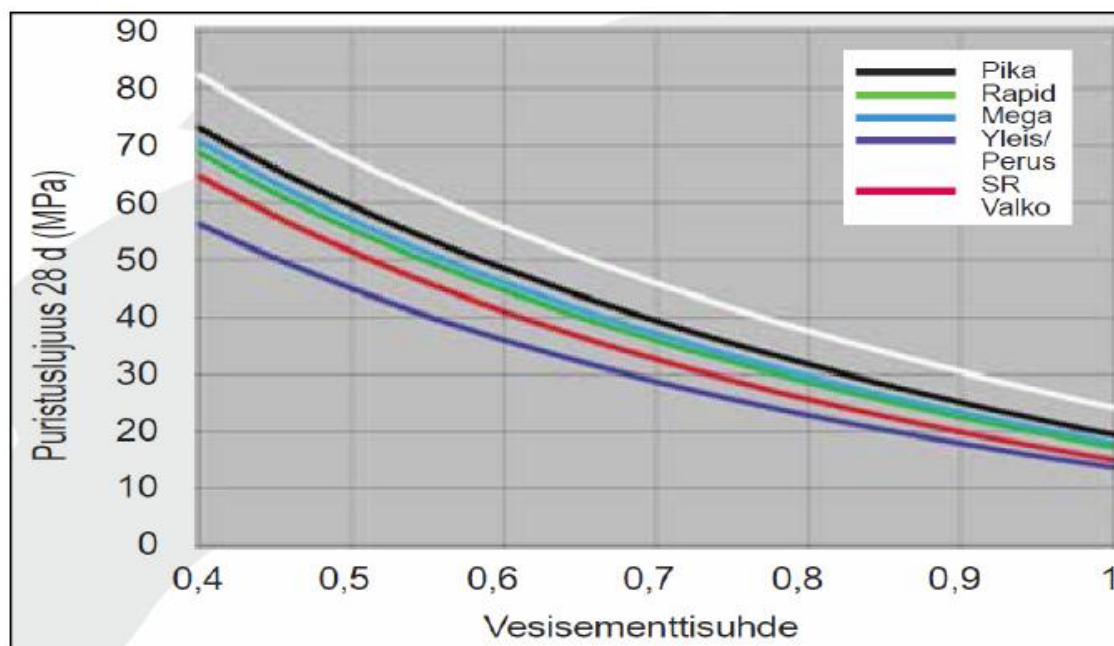
Betonin lujuusluokat kertovat aina massan puristuslujuuden suunnitellussa arvostelussa.

Taulukko 10. Yleisimmät betonin arvosteluiät

RAPID	NORMAALI	HIDAS
7vrk	28vrk	91vrk

Lattiabetoneilla alhaista vesi-sementtisuhdetta ei voida pitää hyvänä ominaisuutena. Teoriassa alhainen vesi-sementtisuhte pienentää betonin kuivumiskutistumaa, mutta käytännössä lattiabetonin työstettävyyttä ei ole mahdollista hyvin alhaisilla vesimäärillä. Jotta vaadittu V/S-suhte saadaan aikaiseksi, on siis sementtimäärä nostettava. Sementtipastan määrän lisääntyessä taas kuivumiskutistuma kasvaa. Alhaisen V/S-suhteen betonilla autogeenisen vaiheen kutistuma ja plastisen vaiheen halkeilu on myös iso riskitekijä. Tämä johtuu siitä, että betonimassassa ei ole hydrataatioreaktioiden syntymiseen edellytettävän vesimäärän lisäksi vapaata vettä ei oikeastaan ole haihdutettavaksi ilmaan. Alhainen V/S-suhte myös vaikeuttaa kuivasiroitteiden käyttöä, sillä betonin pinnalle ei nouse riittävästi vettä sirotteen sisältämän sementin vaatimia reaktioita varten.

Taulukko 11. Vesisementtisuhteen vaikutus lujuuteen 28vrk iässä eri sementtilaaduilla [Vesisementtisuhteen ja sementtimäärän vaikutus betonin lujuuteen kahdella eri sementillä, Teemu Kirjonen, Opinnäytetyö 2011, Kymenlaakson ammattikorkeakoulu]



Kuvasta 17 nähdään V/S-suhteen vaikutus betonin puristuslujuuteen. Kuvaa edeltävän kappaleen perusteella voidaan siis päätellä, että lattioihin tulee valita mahdollisimman alhaisen puristuslujuuden omaava massa. Vähimmäislujuus määräytyy kuitenkin aina laatalle asetetun kantokyvyn ja säilyvyyden perusteella. Maanvaraisissa - ja pinta betonilaatoissa puristuslujuus ei ole useimmiten määräävä laatutekijä, joten betonin lujuus

on useimmiten välillä C20-C30. Pysäköintilaitoksissa voidaan betoni valita korkeammista lujuusluokista, jotta pinnan kulutuksen kestävyys olisi parempi. Lattiabetonia valittaessa lujuuden osalta tulisi aina ottaa huomioon lujuudenkehityksen arvostelu ikä. Mikäli valitaan 91 vuorokauden arvosteluikä, voidaan betonista suhteuttaa vähemmän kutistuvaa, kun taas 7 vuorokauden iässä arvosteltavan massan käyttöä tulee arvioida varsinkin talviolosuhteissa. Nämä siis suhteessa normaaliin 28 vuorokauden arvosteluikään.

Yleisesti voidaan kuitenkin sanoa että lujuutta tärkeämpiä ominaisuuksia, varsinkin kantamattomissa rakenteissa, ovat betonimassan työstettävyyden ja alhainen kutistuma.

[6; s.130-133.]

2.5.2 Notkeus

Betonin notkeusluokat ovat alla olevan taulukon mukaiset.

Taulukko 12. Betoninnotkeusluokat [by50 Betoninormit 2012. Suomen betoniyhdistys ry]

Notkeus	Notkeusluokka	Painuma
Nesteytetty	S4	160 - 210 mm
Vetelä	S3	100 -150 mm
Notkea	S2	50 - 90 mm
Jäykkä	S1	10 - 40 mm

Lattiabetoniksi tulee aina valita mahdollisimman jäykkä massa. Notkeutta ei tule valita laatan ahtaimman nurkan taikka tiheimmän raudoituksen mukaan vaan näiden kohtien tiivistämiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Mitä notkeampi massa valitaan, sitä enemmän betonissa tulee plastisten-ja kuivumisesta aiheutuvan kutistuman erottumisen ja täten halkeilun kanssa ongelmia. Massaa notkistettaessa joudutaan lisäämään joko vettä tai notkistimia. Veden lisäyksen ja notkistinten aiheuttamia ongelmia käsitellään luvuissa 3. ja 2.5.5

[5; s.69-70.] [6; s.137.]

2.5.3 Kiviaines

Betonissa käytettävän kiviaineksen on oltava CE-merkittyä ja SFS:n standardien mukaista. [13.]

Lattiabetonin asettamat laatuvaatimukset eivät poikkea tavallisen rakennebetonin ominaisuuksista, missä kiviainesta on tyypillisesti n. 70 % betonimassan tilavuudesta. Kiviaineen valinnan tavoitteena on runkoainelajitelma, minkä vedentarve on mahdollisimman pieni ja se pakkautuu hyvin. Mitä alhaisempi on tarvittu veden määrä, sitä vähemmän halkeilua on tiedossa ja sitä paremmin työstettävää massa on. Suurin raekoko ei kuitenkaan saa koskaan olla isompi kuin 40 % rakenteen paksuudesta tai raudoituksen suojaetäisyydestä. Kiviaineen määrän tulisi olla aina vähintään 65% betoni kokonaistilavuudesta.

Hyvän lattiabetonin kiviaineen oleellisimpia ominaisuuksia ovat suurin raekoko, rakeisuus ja rakeiden muoto. Raekoolla ja rakeisuudella vaikutetaan betonin työstettävyyteen ja veden määrään, kun taas rakeiden muodolla vaikutetaan työstettävyyden lisäksi tiivistyvyyteen ja kulutuskestävyyteen. Kiviaineen rakeisuuskäyrä määritetään lähes aina jatkuvaksi, ellei epäjatkevalla jakaumalla saavuteta etua työstettävyyteen, kutistumaan tai kulutuskestävyyteen.

Betonin siirtotapa vaikuttaa aina valittuun rakeisuuskäyrään. Mikäli betonia siirretään pumppaamalla, ei karkean käyrän massoja pystytä käyttämään, jotta massa pysyy pumppattavana. Tämä johtaa hienoaineen lisäämiseen, jolloin veden määrää joudutaan lisäämään. Muissa siirtotavoissa tätä ongelmaa ei esiinny.

Lattiabetonia valittaessa on aina pyrittävä valitsemaan mahdollisimman suuren raekoon massa. Mitä karkeampi rakeisuuskäyrä —> vähemmän vettä —> vähemmän kutistumaa —> vähemmän halkeilua.

[6; s 133.]

2.5.4 Sementti

Paikallavalulatioissa voidaan käyttää kaikkia normaaleja rakennesementtejä. Rakennusluvan alaisissa kohteissa, sementin tulee olla CE-merkittyä ja täyttää SFS:n asettamat vaatimukset. [3; s.151.]

Sementit jaetaan viiteen eri standardiluokkaan niiden koostumuksen ja kolmeen standardiluokkaan niiden lujuuden mukaan.

Sementtilaadut koostumuksen mukaan:

- Portlandsementti CEM I
- Portlandseossementti CEM II
- Masuunikuonaseimentti CEM III
- Pozzolaaniseimentti CEM IV
- Seossementti CEM V

Minimi standardilujuudet 28 vrk iässä ovat:

- 32,5 MPa
- 42,5 MPa
- 52,5 MPa

Lujuusluokkatunnuksen yhteydessä oleva tunnus R kertoo korkeasta varhaislujuudesta ja tunnus N normaalista varhaislujuudesta. Sementin tyyppitunnus ei ota kantaa sitomisaikaan vaan standardi antaa sitomisajalla ainoastaan minimirajan, ei maksimia. N- tai R-tunnus ei kuvaa sementin sitoutumisaikaa vaan sementin lujuutta kahden vuorokauden iässä. Joten samaan luokkaan kuuluva sementti voi siis olla erittäin nopeasti hierrettävissä, tai sitten taas hiertoaika saattaa olla jopa kuusi tuntia massan

levityksen jälkeen. Esimerkkinä 52,5 N luokan sementin lujuus 2 vrk iässä $>20 \text{ MN/m}^2$ kun taas 32,5 R sementin lujuus 2 vrk iässä $< 10 \text{ MN/m}^2$.

Sementti ja sementtilisäaineyhdistelmä tulee valita niin, että massa on valuolosuhteista riippumatta hierrettävää noin neljän tunnin iässä. Lattiatyön kannalta oleellisinta on betonin työstettävyyden ja hiertoaika. Karkeat sementit vaativat enemmän hienoaainetta runkoaineeseen, jottei massan tuntuma olisi kivinen ja betoni pysyy hyvin työstettävänä. Hienot sementit sen sijaan tekevät massasta sitkeää ja siten vaikeasti levitettävää.

Sementin ominaisuuksista hiertoaikaan vaikuttavat sementin hienous ja sementin määrä. Mitä enemmän on sementtiä, sitä enemmän joudutaan käyttämään vettä, ja paljon vettä sisältävä massa on huonommin työstettävää ja hiertoaika on aina myöhempi.

Koska sementin tyyppitunnukset eivät kerro riittävästi sementin ominaisuuksista, ja on yhä epäselvyyttä sementin eri komponenttien vaikutuksesta kuivumiskutistumaan, sementin valinta paikallavalulattioihin perustuu valmisbetonin toimittajan kokemuksiin.

[6; s.134-135]

2.5.5 Betonin lisäaineet

Lattioissa tavallisimmat lisäaineet ovat notkistimet ja huokostimet. Lattiavaluissa voidaan myös käyttää kutistumaa kompensoivia tai kutistumaa vähentäviä lisäaineita. Kutistumaa vähentäviä ja kompensoivia aineita ei ole vielä juuri Suomessa käytössä niiden hinnan ja vähäisen käyttökokemuksen takia.

Notkistimilla saadaan betonista helpommin työstettävää ja parempi laatuista. Tehonotkistimilla päästään jopa 30 %:n vedenvähennyksiin, betonin työstettävyyden pysyessä ennallaan. Vedenvähennystä aiheuttamaa lujuuden nousua voidaan hyödyntää vähentämällä sementin määrää. Mikäli sementtimäärä pidetään samana, pystytään saavuttamaan korkeampi lujuuksisia betoneita. Tehonotkistimilla ei ole vaikutusta betonin kuivumiskutistumaan, mutta notkistimilla pystytään vähentämään tarvittavaa veden määrää. Betoni on suhteutettava notkistimille sopivaksi jotta veden vähentämisen hyöty tulee esiin.

Tehonotkistimet kuitenkin kasvattavat betonin sitoutumiskutistumaa. Notkistimet hidastavat betonin sitoutumista ja lujuudenkehitystä ja tästä johtuen sementillä on enemmän aikaa muodostaa hydrataatiotuotteita mitkä lisäävät autogeenista kutistumaa. Kun on päädytty tehonotkistettuun massaan, on kyseessä luja ja alhaisen V/S-suhteen omaava massa, jolloin plastisen vaiheen halkeilut ovat erittäin aggressiivisia, mikäli veden haihtumista betonin pinnalta ei ehkäistä heti pinnan linjaroinnin jälkeen välihoitoaineella.

[6.][14.] [15.]

Huokostavan lisäaineen käyttökohteita ovat kaikki rakenteet mihin kohdistuu jäätymisulamisrasitus. Näitä rakenteita esiintyy varsinkin kylmissä pysäköintilaitoksissa. Huokostimilla pystytetään parantamaan lattiabetonien työstettävyyttä ja koossapysyvyyttä. Kun työstettävyys paranee, myös vedentarve vähenee. Kuivasirotteiden käyttö lisähuokostettujen säänkestävien betonien kanssa on haastavaa. Lujuudet ovat usein korkeita, joten betonissa ei ole välttämättä riittävästi ylimääräistä vettä kostuttamaan sirotetta. Huokostin myös vähentää vedenerottumista laatan pintaan. [6; s. 133-155.]

Kutistumaa kompensoivat lisäaineet (SCC-aineet) perustuvat aineen betonia paisuttavaan vaikutukseen. Betonin tilavuus kasvaa lujuuden kasvaessa ja täten kompensoi kuivumiskutistuman aiheuttamaa vetojännitystä laakassa. Tilavuuden kasvua tapahtuu pääasiassa seitsemän vuorokautta ja paisunta vaikutus on suurimmillaan n.30 min kuluttua aineen sekoituksesta sementtiin. [6.] [16.]

Kutistumaa vähentävät lisäaineet (SRA-aineet) vähentävät betonin kuivumiskutistumaa, sekä autogeenista kutistumaa. SRA-aineiden toiminta perustuu veden pintajännitystä vähentävään vaikutukseen betonin kapillaari huokosissa. SRA-aineet voidaan lisätä joko massan sekoitusvaiheessa tai ruiskuttaa laatan pinnalle ennen kuin betoni on täysin kovettunut. Mikäli kutistuma halutaan jäävän erittäin vähäiseksi (alle 0,6 mm/m) ja ei pystytä käyttämään lisäaineettomia alhaisen lujuusluokan betoneita, on SRA-aineiden käyttö hyvinkin perusteltua. [6.] [14.]

2.5.6 Betonin seosaineet

Betonissa käytettäviä seosaineita ovat jauhettu masuunikuona, lentotuhka sekä silika. Kaikkia kolmea yhdistää se, että ne ovat muun teollisuuden sivutuotteita. Kullekin seosaineelle on omat viranomais määräykset ja ohjeet. Seosaineiden sallitut enimmäislisäykset %-osuuksina portlandsementin painosta on kuitenkin syytä käydä läpi:

Taulukko 13. Seosaineiden sallittuja määriä. [by 50 Betoninormit 2012. Betoniyhdistys ry]

Seosaine:	X0	XC 1	XC 2	XC3	XC 4	XS1	XS 2	XS 3	XD 1	XD 2	XD 3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
Silika	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	2)	2)
Lentotuhka	100	100	45	45	30	45	30	30	45	30	30	45	30	45	30	45	2)	2)
Masuunikuona	1900	1900	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	100	375	100	375	2)	2)

Lentotuhka syntyy kivihiilen poltossa. Lentotuhkan käytön perusteena on taloudelliset, tekniset sekä ekologiset seikat. Lentotuhkalla voidaan nykyään korvata 40% käytetystä sementistä painossa ja samalla lentotuhkaa käyttämällä pystytään vähentämään kalteimpien kiviaineslajikkeiden tarvetta. Kun lasketaan lentotuhkan korvaavan 40 % painostaan sementtiä, voidaan laskea jokaisen käytetyn lentotuhkatonnin säästävän 300 kg hiilidioksidipäästöjä ilmakehään. Lentotuhkan käytön perusteet ekologisesta syystä ovat varsin suuret silloin kun betonintoimittaja toimii lähellä kiivihiltä polttavia laitoksia.

Lentotuhkan ominaisuudet verrattuna portlandsementtiin:

- Vedentarve vähenee johtuen lentotuhkan pyöreästä rakeen muodosta
- Koossapysyvyys paranee varsinkin itsetiivistyvissä, notkistetuissa ja pumppattavissa massoissa voidaan hyödyntää tätä ominaisuutta
- Alentaa varhaislujuutta ja nostaa loppulujuutta
- Vesitiiveys paranee
- Kuivumiskutisuma pienenee
- Alentaa hydrataatiolämpöä. Hyvä ominaisuus varsinkin massiivisissa laatoissa. Pidentää hienoaikaa. Tästä johtuen ei suositella varsinkaan talvibetonointiin.
- Lentotuhka estää vedenerottumista joten plastisen vaiheen kutistuma lisääntyy. Hallittavissa jälkihoidolla
- Vaikeuttaa massan huokostamista. Laadunvalvonta korostuu
- Saattaa esiintyä väri vaihtelua

[17; s.1-13.]

Masuumikuonajauhe on raaka raudan valmistamisessa syntyvä sivutuote. Masuumikuonajauheen vedentarve on pieni verrattuna sementtiin, se notkistaa betonia ja se vähentää huomattavasti hydrataatiolämpöä. Näiden ominaisuuksien takia sitä käytetään varsinkin massiivisten rakenteiden valussa. Kuten lentotuhkallakin, varhaislujuudet ovat yleensä alhaisempia ja myöhäislujuudet suurempia kuin portlandsementeillä. Masuumikuonalla voidaan tehdä sulfaatinkestäviä rakenteita, (XA-luokka) kun kuonaa on käytetty 70 % sideaineesta. [5; s.60.]

Silika on piiraudan ja piin valmistuksessa syntyvä sivutuote. Silikaa käytetään pääosin betonin lujuuden nostamiseen. Silika parantaa myös betonin kemiallista kestävyyttä, koossapysyvyyttä ja vesitiivyyttä. Korkealujuus betoneissa silika tekee massasta huonosti työstellävää ja silika lisää aina betonin veden tarvetta, joten vettä vähentäviä lisäaineita on käytettävä. Silikalle ei ole oikeastaan käyttöä laattarakenteissa. [5; s.60-61.]

2.6 Betonointi

Viimeistään ennen laattarakenteen valamista tulee kutsua koolle lattiatöidenaloituskokous. Aloituspalaveriin kutsutaan päätösvaltainen edustaja rakennuttajalta, pääurakoitsijalta, lattiaurakoitsijalta, betonin toimittajalta sekä rakennesuunnittelija. Palaverin tavoitteena on varmistaa loppu tuotteen laatu, käymällä betonointiin liittyvät asiat läpi niin, että kaikilla osapuolilla on yhdenmukainen näkemys työn toteutuksesta. Aloituspalaveri on pidettävä hyvissä ajoin, mikäli kokouksessa päätetään muutoksista, jää niiden valmisteluun tarpeeksi aikaa. [6; s.129-130.]

2.6.1 Valuolosuhteet

Valuolosuhteiden saattaminen optimaaliseksi on ensisijaisen tärkeää laattarakenteissa, koska latioissa laatuvaatimukset koskevat laatan yläpintaa, joka on kokonaisuudessaan vuorovaikutuksessa ympäristöönsä. Olosuhteiden hallinnalla pyritään varmistamaan betonille optimaalinen sitoutumisaika ja estetään veden liallinen haihtuminen laatan yläpinnasta. Huonoja valuolosuhteita ei pystytä paikkaamaan mitenkään työmenetelmillä tai betonimassaa muuttamalla. Valuolosuhteista seuraaviin on kiinnitettävä varsinkin huomiota:

- Ilman, alustan ja betonin lämpötila
- Tuuli/ilmavirtaukset
- Auringonpaiste
- Ilman kosteuspitoisuus.

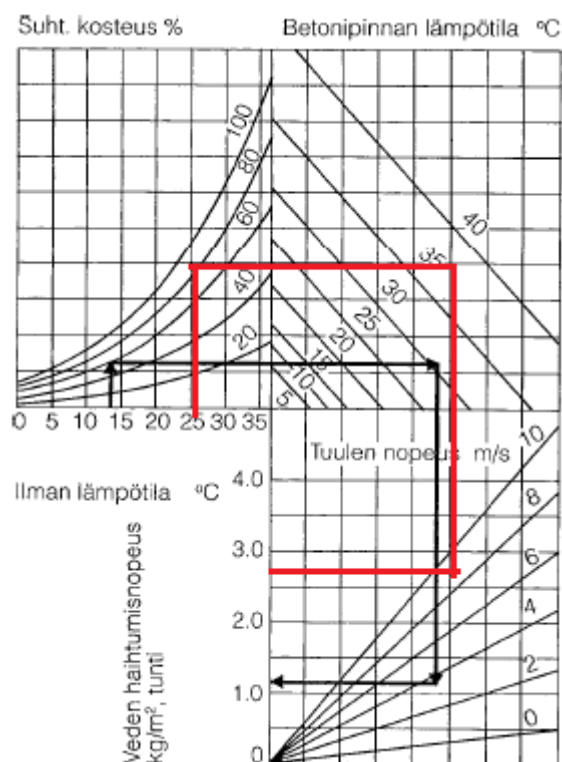
Laattarakenteissa lämpötila näyttelee suurta roolia tuoreen betonin ominaisuuksissa, koska laatoissa betoni on ohuena, vaikeasti suojattavan kerroksena minkä pinta-ala on suuri. Matala lämpötila hidastaa betonin sitoutumista. Tässä voidaan karkeana sääntönä pitää sitoutumisajan puolittumista kun lämpötila nousee $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ asetetta ja sitoutumisajan kaksinkertaistumista lämpötilan laskiessa $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. On myös huomioitava, että tehonotkistetuilla massoilla sitoutumisaika kasvaa vielä enemmän lämpötilojen laskiessa.

Lämpötilaerot betonimassan, ympäröivien rakenteiden ja valutilan välillä aiheuttavat epätasaisen kovettumisen ja vettä haihduttavan ympäristön. Auringonpaiste on yksi

näitä lämpötilaeroja synnyttävä asia. Maanvaraisissa ja pintabetonilaatoissa alustan lämmitykseen tulee talviolosuhteissa kiinnittää erityistä huomiota. Betonimassa nimittäin laskee hyvin nopeasti alustan lämpötilan tasolle. Alustan lämpötilan pitää olla vähintään $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja jälkihoidon ajan vähintään $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Mikäli ohut valukerros valetaan liian kylmälle pinnalle, sitoutumisajat venyvät niin pitkäksi että hierto tulee epäonnistumaan lähes varmasti, koska betoni ei sitoudu optimaalisesti. Paksuissa rakenteissa ongelma saattaa olla päinvastainen varsinkin kesällä. Rakenteen ollessa paksu saattaa betonin sisäinen lämpötila nousta yli $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ jolloin tapahtuu myös epätasaista kovettumista ja lujuuskatoa. Paksuissa rakenteissa tulee myös rajoittaa laatan ydinosaan ja pinnan lämpötila-ero $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -asteeseen.

Kantamattomissa lattioissa käytettävistä betoneista tiedetään, että kun pinnasta tapahtuva veden kokonaishaihtuminen on yli $1,0\text{ kg/m}^2/\text{h}$, kasvaa plastisen vaiheen halkeilun riski merkittävästi. Kantavissa rakenteissa, joissa V/S-suhde on alhaisempi kuin kantamattomissa, riittää vielä huomattavasti pienempi kosteuden haihtuminen. Veden haihtumista voidaan arvioida taulukolla 5.

Taulukko 14. Ympäristöolosuhteiden vaikutus kosteuden haihtumiseen betonin pinnalta [ACI Standard 305-72. Hot Weather Concreting. 2000]



Taulukkoon on annettu kaksi esimerkkiä, joissa molemmissa on selkeät vaatimukset joko olosuhteiden muutoksen, taikka välihoitoaineen käyttämiseen. Olosuhteissa, joissa tuulen nopeus on ollut 7 m/s, on havaittu jopa 7 mm/m plastisia kutistumia. Kun tiedetään, että tavallisimmat betonit halkeavat kun niihin aiheutetaan nopeasti 0,1-0,2 mm/m venymä, on syytä ilmavirtojen minimoiseen kiinnittää erityistä huomiota.

Talviolosuhteissa betonin pinnan lämmittämistä lämpöpuhaltimilla tulee välttää. Lämpöpuhaltimien ilmavirta haihduttaa laatan pinnasta vettä ja noussut lämpötila laskee ilman suhteellista kosteutta. Suljetuissa tiloissa on mahdollisuus nostaa tilan kosteutta keinotekoisella vesisumutuksella, ulkona vaihtoehto ei ole mahdollinen.

Optimoiduissa olosuhteissa valutilassa ei tuule, lämpötila on +10-15 °C, tilaan ei paista aurinko, massan ja ympäristön välillä ei ole lämpötilaeroja ja ilman suhteellinen kosteus on mahdollisimman suuri niin valun kuin myös jälkihoidon aikana.

[18; s.1-3.] [6; s.159-161.] [19.]

2.6.2 Betonin siirto ja tiivistys

Mikäli halutaan käyttää lattiabetonia, jonka ominaisuudet on optimoitu siten, että laatasta tapahtuisi mahdollisimman vähän kutistumaa, on valittava betonin pumppaukselle jokin muu vaihtoehto. Näitä vaihtoehtoja ovat maanvaraisissa ja paalulaatoissa massan purku suoraan betoniauton perästä, dumpperivalu tai isojen lattioiden valuissa laser-ohjatun valukoneen käyttö. Kun valetaan kantavia välipohjia tai pintalaattoja, on pumppaukselle ainut vaihtoehto valujassikan käyttö. Valujassikan käyttö sitoo kuitenkin aina nosturin valun ajaksi. Yleisin tapa valaa laattoja on kuitenkin betonipumpun käyttö, koska se on kaikkein helpoin ja nopein tapa siirtää massaa. Betonin pumppaus aiheuttaa kuitenkin betonimassalle tiettyjä rajoitteita, jotta massa saadaan tulemaan letkusta ulosta, eikä valu keskeydy. Kun valitaan betonin siirtotavaksi pumppaus ja halutaan käyttää vähän kutistuvaa massa, on tehtävä seuraavat toimenpiteet:

- Valuyhteen koko on oltava vähintään 100 mm normaalisti käytetyn 50 mm tai 75 mm sijaan. Näin pystytään pumppaamaan 32 mm maksimiraekoon massaa. Teräskuidut on myös huomioitava, sillä ne hankaloittavat pumppausta.
- Tarvitaan betonin toimittajan kokemuseräistä tietoa notkistimien ja kivijauhujen käytöstä, jotta pienestä sementtimäärästä pystytään pitämään yhä kiinni ja massa pysyy pumpattavana.

[19.]

Jos on kyseessä linjavalu, eli ei pystytä pumppaamaan suoraan ylhäältä alaspäin on 100 mm letkun käsittelyyn varattava riittävästi miesvoimaa, sillä letku painaa kolmekertaa enemmän kuin 50 mm letku täytenä. Pitkissä linjavaluissa karkeamman massa on vielä hankalampaa johtuen pumppauslinjan aiheuttamasta kitkasta. Pumppauslinjan koon valinnassa kannattaa ottaa yhteyttä betonin pumppauskaluston toimittajaan.

Taulukko 15. Pumppauksessa käytettävien letkujen koot ja painot. [s.6. Betonin pumppauksen ympäristö- ja turvallisuusopas. Rakennusteollisuus ja Suomen betoniyhdistys ry. Rakennusmedia Oy.]

Mitta, mm			Paino, kg/m			Tilavuus litraa
Sisä- halkaisija	Ulko- halkaisija	Laippa mukaan luettuna	Letkun paino	Betonin paino	Kokonais- paino	
125	150	150	9,2	29,4	38,6	12,2
100	150	150	7,2	18,2	25,9	7,8
75	100	130	5,2	10,5	15,7	4,4
50	75	110	3,2	4,7	7,9	2,0

Pumppaustyö tulee aloittaa kohdasta, jonka etäisyys pumppuun on suurin. Betonoinnin edetessä vetäydytään pumppua kohti. Näin tehtäessä voidaan varmistua, että putkistoon ei tarvitse lisätä voitelemattomia putkia, linjaa ei tarvitse tukea tuoreen massan päälle ja linjan puhdistus on helpompaa. Betonin erottumisvaaran takia on massan pudotuskorkeus pidettävä mahdollisimman matalana (alle 1,5 m.) Alle 300 mm paksut laatat voidaan valaa kerralla valmiiseen korkoon kun taas yli 300 mm paksut laatat tulee valaa kahdessa osassa. Toinen kerros voidaan valaa, kun ensimmäinen valurintama on edennyt n.10 m. Jos laatan valun yhteydessä valetaan palkkeja, tulevat palkit valaa ennen laatan valua, laatan alapinnan tasoon ja antaa painua noin 90 min. Yläpinta saadaan valettua oikeaan korkeusasemaan käyttämällä taso-laseria tai mittatikkua käyttämällä, missä yläpinnan korko otetaan muotin/alusbetonin pinnasta. Tarkkuutta tulee kiinnittää kaatojen riittävyyteen. Pinta tasataan tässä vaiheessa joko linjaleudalla, tai tärypalkilla.

Kun on tiedossa, että optimaalisessa tilanteessa betoni on kypsää hierron aloittamiselle neljä tuntia massan levittämisestä, tulee valulohkojen koko määrittää siten että massan levitys on valmis tässä kohtaan. Ratu-kortiston mukaisen karkeutetun työmenekin mukaan laattojen pumppubetonoinnin saavutus on n.15 m³/h kolmen hengentyöryhmällä. Tämä tarkoittaa sitä 150 mm paksua laattaa saadaan valettua neljässä tunnissa 100 m². Päiväsuoritusta voidaan kasvattaa lisäämällä työryhmään lisää työvoimaa, jolloin voidaan valua jatkaa neljän tunnin jälkeen, koska osa valuporukasta pääsee hiertämään valun vielä ollessa käynnissä. Työvuorosaavutukset tulee olla jo suunnitteluvaiheessa tiedossa, koska lattian saumat tulee suunnitella niin, ettei työsaumoille olisi tarvetta. [20.] [21.]

Betonin tiivistämisen tarkoituksena on saada betoni täyttämään muotit, saada betoni ympäröimään rauditus täydellisesti, poistaa massasta ylimääräinen ilma ja saada betonin kiviainekset hakeutumaan lähemmäksi toisiaan. Tiivistämisen laiminlyönnin seuraukset ovat vakavia. Laiminlyönneistä seuraa betoniin suunniteltua suurempi huokoisuus, alentunut tiheys ja lujuus, muottia vasten valetun pinnan valuvirheitä, vesitiiveys heikkenee, terästen välinen tartunta heikkenee ja mikäli laatta valetaan useassa kerroksessa, valukerrosten välinen tartunta heikkenee.

Tiivistyksen tarvittavamäärä riippuu aina massan notkeudesta ja on aina sitä pienempi mitä notkeampaa massaa käytetään, sekä käytetyistä lisäaineista ja tämän takia tärytyskalusto tulee valita betonoitavan laatan paksuuteen ja betonimassan notkuteen sopivaksi. On kuitenkin huomioitava, että S4 luokan hyvin vetelä massa tarvitsee myös huolellisen tärytyksen varsinkin käytettäessä pintatäryttimiä, sillä ne nostavat massan hienoaineksen pintaa. Ohuisiin alle 120 mm laattoihin pintatäryttimet (tärypalkit) soveltuvat oikein hyvin, kun laatta on tätä paksumpi, on käytettävä tärysauvaa. Käytettävän tärytyskaluston tiivistysteho on oltava tiedossa, jotta ei tapahdu edellisessä luvussa esiteltyä tiivistämisen laiminlyöntiä.



Kuva 10. Easy Screed tärypalkki. 1,5 hv moottori. Suurin tiivistämissyvyys 75mm.[<http://www.several.fi/brands/belle/betonointikalusto/easyscreedpro/index.html>.]

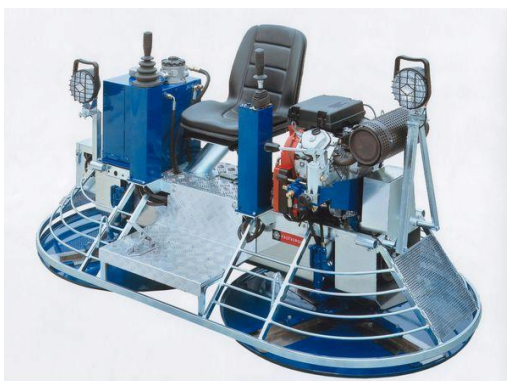
[5; s. 315-330.] [6; s.137.]

2.6.3 Hierto, pinnan suoruus ja kulutuskestävyys

Lähes kaikki lattialle määritettävät laatuvaatimukset koskettavat lattian yläpinnan laatua joten lattian pinnan hierto on yksi tärkeimmistä työvaiheista. Hierrolla pystytään vaikuttamaan ulkonäköön, suoruuteen ja kulutuskestävyyteen. Sen takia käydään vasta tässä luvussa läpi toimenpiteitä, joilla asetettuihin laatuvaatimuksiin suoruuden ja kulutuskestävyyden osalta päästään.

Oikeaan aikaan aloitettu, hyvin toteutettu hierto jättää niin hienon jäljen, että pinnasta ei edes huomaa hierron jälkiä. Ongelmana hierron oikean aloittamisajankohdan määrittämisessä on se, että pinnan sitoutuminen on riippuvainen valuolosuhteista ja betonin laadusta. Mikäli hierron aloittaminen venyy optimaalisen neljän tunnin yli, kasvaa riski plastisen vaiheen kutistumahalkeiluun.

Hiertokertojen tarkkaa lukumäärää ei pystytä määrittämään suoruuden laatuvaatimuksen mukaan. Hiertokertojen määrä riippuu hierron aloitusajankohdasta, valu olosuhteista käytetystä kalustosta ja betonimassan ominaisuuksista. Pinnan hierto aloitetaan levyllä ja lopullinen pinta tehdään siivillä. Hierto joudutaan usein aloittamaan käsikäyttöisellä hiertimellä, koska pinta ei vielä kestä monta sataa kilogrammaa painavaa päältä ajettavaa laitetta.



Kuva 11. Päältä-ajettava hierrin. [http://www.bau-met.com/_files/18831.jpg]



Kuva 12. Betonin hierrin. [https://www.tuontitukku.fi/image_view.php?name=1/laajakuva_BETO-NIHIERRIN-80cm-5,5hv-Ammattilaatu!-6438168083711-1.jpg]

Kylmissä pysäköintilaitoksissa pintaa ei saa hiertää siivillä sileäksi. Mahdollisuus päältä ajettavan hiertimen käyttöön tulee myös käydä läpi, sillä sen jättämä levyn pinta saattaa olla liian sileä.

Suoruuden saavuttamisen vaikuttaa työryhmän ammattitaito, betonin tasalaatuisuus ja valettavan kerroksen paksuus. Toimenpiteet suoruuden laatuvaatimusten täyttämiseksi:

Taulukko 16. Toimenpiteet valitun suoruuden saavuttamiseksi [by45/bly7 Betonilattiat 2014, Suomen betoniyhdistys ry. s 164.]

Suoruus	
Luokka	Toimenpiteet
C	Huolellinen pinnan viimeistely ja tiivistys
B	Hyvä tiivistys, oikaisu ja hierto
A	Sama kuin B-luokka jos laatan paksuus alle 150 mm
	10-20 mm pintabetoni tuoreen betonin päälle
	30 mm pintabetoni kovettuneen betonin päälle
A₀	Sama kuin A
	60 mm pintabetonikerros

Laatuvaatimuksen asettaman kulutuskestävyyden saavuttamiseksi tulee laatan hierron onnistua, betonin valinnan pitää myös osua maaliin ja jälkihoidon on oltava riittävän pitkä. Lattioissa, joilta edellytetään hyvää kulutuskestävyyttä, tulee kiinnittää huomiota myös betonissa käytetyn hienoaineksen laatuun, koska sillä on myös oma osansa kulutuskestävyyteen sen noustessa useasti laatan pintaan.

Teollisuuslattioissa, joissa normaalissa käytössä pinta ei saa kulua niin paljon, että laatta paljastuu, ei karkean kiviaineksen laadulla ole juuri merkitystä. Pysäköintilaitoksissa karkean kiviaineksen laatu on tärkeä laadun tekijä, sillä laatta tulee kulumaan aina siten, että karkea kiviaines tulee paljastumaan.

Yleisesti voidaan sanoa, että lattiapinnan vaadittu kulutuskestävyys saavutetaan pinnan koneellisella hierrolla ja pinnan viimeistelyllä 2-3 kertaan siivittämällä. Mikäli nämä toimenpiteet eivät riitä, joudutaan turvautumaan kuivasirotteiden käyttöön, betonin lujuusluokan nostoon tai kovabetonipintaukseen. Esimerkkejä kulutuskestävyyden laatuvaatimusten toteuttamiseksi on taulukossa 8.

Taulukko 17. Toimenpiteet kulutuskestävyyksien saavuttamiseksi. [by45/bly7 Betonilattiat 2014. Suomen betoniyhdistys ry. s.165-166]

Kulutuskestävyys	
Luokka	Toimenpiteet
1	n.20mm erikoisbetonikerros. Runkoaine piikarbidia, metallia, kvartsia tai elektrokorundia. Alusbetonin lujuus vähintään C25. Pinta siivitetään koneellisesti
	Kuivasirotepinntaus erikoiskiviaineilla + alusbetoni vähintään C25. Pinta liipataan koneellisesti
	Koneliipattu 30 mm C40 kovabetonilattia
2	C30 betoni, maksimi raekoko vähintään 16mm, hierto vähintään kahteen kertaan ja pinnan siivitys
	Kuivasirotepinntaus + C25 alusbetoni
	C25 betoni + silikaatti käsittely
3	Konehierretty ja käsinliipattu C25 lattia
4	Käsin hierretty ja liipattu C25 lattia

Liippauksella tarkoitetaan tässä taulukossa siivitystä.

Kulutuskestävyyttä määritettäessä runsaasti liikennöityihin pysäköintilaitoksiin tulee ottaa huomioon se, että laatan todellinen käyttöikä on maksimissaan 20 vuotta. Nastarenkaiden aiheuttama rasitus on niin rajua, ettei millään toimen olemassa olevilla toimenpiteillä tämän pidempään käyttöikään päästä. Tällöin tulee laatasta tehdä mahdollisimman helposti huollettava, sekä huomioitava laatan yläpintaan varata kulumisvaraa siten, että raudoitteiden suojaetäisyydet säilyvät.

Kulutuskestävyysluokkaa 3 korkeampien luokkien saavuttaminen huonoissa olosuhteissa on lähes mahdotonta. Tämä sen takia, että varhaisjälkihoidolla ja varsinaisella

jälkihoidolla on merkittävä rooli kulutuskestävyyden kannalta. Nyrkkisääntönä kulutuskestävyys luokissa 1-3 jälkihoito tulee lopettaa vasta kun betoni on saavuttanut 80% suunnitellusta lujuudestaan.

[6; s. 163-166.]

2.6.4 Jälkihoito

Jälkihoidon ensisijainen tarkoitus on estää betonipinnan liian nopea kuivuminen. Kuivuminen pyritään siirtämään niin pitkälle, että betoni on saavuttanut riittävän vetolujuuden, jotta kuivumisen aiheuttamat vetojännitykset eivät aiheuta halkeilua. Jälkihoidolla voidaan myös estää kovettumislämpötilaerojen muodostuminen laattarakenteen ydin osan ja rajapintojen välille, sekä estää betonin liian nopea jäähtyminen.

Jälkihoitomenetelmiä on useita erilaisia ja niillä on kaikilla omat soveltuvuusalueensa. Kun jälkihoitomenetelmää valitaan, tulee ottaa huomioon betonointi olosuhteet, käytettävät työmenetelmät, betonin ominaisuudet, lattian pinnoitteen asettamat vaatimukset sekä pinnan laatuvaatimukset. Jälkihoitomenetelmät voidaan suoritusajan mukaan varhaisjälkihoitoon, mikä tapahtuu jo pinnan oikaisun yhteydessä (kts. 2.6.1) sekä pinnan viimeistelyn jälkeiseen jälkihoitoon.

Perusteet varhaisjälkihoidon suorittamiselle on annettu luvussa 2.6.1. Varhaisjälkihoito voidaan tehdä joko:

- Sumuttamalla betoninpinnalle varhaisjälkihoitoaine. Tuotteen käytössä on noudatettava käytettävän tuotteen tuoteohjeita.
- Pitämällä betonin pinta kosteana vesisumutuksella.
- Levittämällä muovikalvo oikaistun pinnan päälle.

Varsinainen jälkihoito aloitetaan pinnan viimeistelyn jälkeen ja se voidaan suorittaa joko:

- Sumuttamalla viimeisen siivityskerran yhteydessä jälkihoitoaine tuoteohjeiden mukaisesti.
- Levittämällä muovikalvo laatan pinnalle heti pinnan viimeistelyn jälkeen
- Kastelemalla pinta vedellä, minkä jälkeen pinnalle levitetään joko muovikalvo, suodatinkangas tai molemmat
- Kastelemalla pintaa jatkuvasti.

Riittävän jälkihoitoainemäärän sumuttamista haastavissa olosuhteissa betonin pinnalle pidetään ainoana mahdollisena tapana ehkäistä halkeilua. Tuulisissa olosuhteissa aineen ruiskutus kuitenkin vaikeutuu, sillä tuuli saattaa kuljettaa aineen pois. Jälkihoitoaineita käytettäessä on aina varmistettava niiden soveltuvuus pinnoittamiseen tai päällystämiseen. Jälkihoitoaineen poistuminen betonin pinnalta ennen pinnoitusta kannattaa aina varmistaa vähintäänkin pinnan voimakkaalla harjaamisella.

Muovikalvojen käyttö varsinkin varhaisjälkihoitomenetelmänä on yleensä lähes mahdollonta. Betonin pinta useimmiten vaurioituu muovikalvon käytöstä. Toisaalta muovikalvon levitys ja pinnan kastelu valun jälkeisenä aamuna, pinnan ollessa niin luja ettei se vaurioitu, on jo liian myöhäistä.

Pinnan pitäminen kastelemalla on työläs menetelmä. Viileää vettä käytettäessä betoniin saattaa syntyä lämpötilaeroja mitkä lisäävät rakenteeseen kohdistuvia pakkovoimia. Mikäli kyseessä on pinnoitettava lattia, on tiedostettava se että kastelu lisää kuivumisaikaa.

Jälkihoitoajan pituuteen vaikuttaa kovettumisolosuhteet, betonin rasitusluokka ja betonin kovettumisnopeus. Näiden kohtien perusteella on laadittu seuraavat nyrkkihojeet:

- | | |
|--|--------|
| • Pinnoitettavien lattioiden jälkihoito kun RH <50% | 7 vrk |
| • Kulutusrasitettujen lattioiden jälkihoito kun RH <50% | 14 vrk |
| • Pinnoitettavien lattioiden jälkihoito kun RH >80 % | 3 vrk |
| • Kulutusrasitettujen lattioiden jälkihoito kun RH >80 % | 7 vrk |

Pinnoitettavien lattioiden jälkihoitoon suositellaan jälkihoitoaineiden käyttöä, kun taas kulutusrasitettuihin lattioihin muovikalvoa ja kastelua jälkihoitoaineen lisäksi.

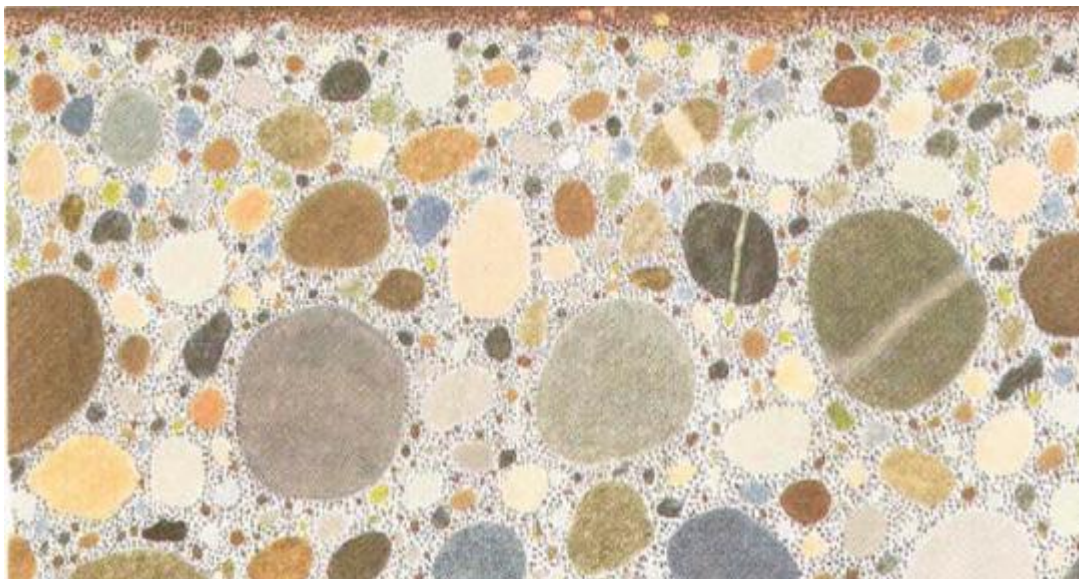
[18; s.1-3.]

2.7 Pinnoitus

Pinnoitteilla tässä insinööritöyssä tarkoitetaan betonin kahta yleisintä kulutuskestävyyttä lisäävää tuotetta. Nämä ovat kuivasirotteet ja kovabetonit.

Kuivasirote on erikoiskovien runkoaineiden, sementin ja eri lisäaineiden seoksista koostuva betonin pinnan kovetin, jonka käyttötarkoitus on betonin pinnan lujuuden nostaminen. Sirotteet eroavat toisistaan niiden runkoainesmateriaalin perusteella. Runkoaineina toimivat korundi, kvartsi, metallurginen kuona, metalli, piikarbidi tai näiden yhdistelmät. Runkoaineen raekoko on yleensä 0-4 mm. Sirotteissa käytettävä sementti on tavallisesti korkean lujuusluokan Portland-sementtiä. Sirotteet ovat SFS-tuotestandardin alaisia tuotteita ja niillä on oltava CE-merkintä. Kuivasirotteilla ollaan päästy jopa 10 vuoden käyttöikiin vilkkaasti liikennöidyissä pysäköintilaitoksissa.

Kuivasirotteen toiminta perustuu sirotteen runkoaineen ja sementin reaktioon betonin veden kanssa. Sirote imee betonin pinnasta olevan kosteuden jolloin se yhdessä hyvän pinnan työstön kanssa muodostaa kovan, monoliittisen rakenteen alusbetonin kanssa. Alusbetonin ja pintasirotteen rajapinnan kiinnityksen onnistuessa tulee siitä seuraavan näköinen:



Kuva 13. Alusbetonin ja kuivasirotekerroksen välinen sauma. [BLY 16 Kuivasirotteet. Suomen betonilattiayhdistys ry. s. 4]

Sirotteen käytön etuja ovat esimerkiksi suuri lattian pintalujuus, iskunkestävä pinta, pölyämätön ja se on helppo ja halpa kulutuskestävyyden parantamiskeino.

Kuivasirotteet asettavat alusbetonille omia vaatimuksiaan. Näistä huokostimen käyttöön liittyvät asiat on käsitelty kappaleessa 2.5.5 betonin lisäaineet.

Notkistimen käytöllä ei ole suoraa vaikutusta sirotteen toimintaan, mutta jos notkistimen käyttöön on päädytty, on alusbetoni lujaa, vähän ylimääräistä vettä omaava. Sirotteen reagoidessa pintaan erottuvan veden kanssa tästä tulee ongelma sillä, mikäli sirotetta käytetään 6 kg/m^2 on ylimääräisen veden tarve 1 l/m^2 . Alusbetonin on siis oltava mielellään lujuusluokkaa C25/30 tai alempi. **Sirotetta käytettäessä on aina noudatettava sirotteen toimittajan antamia ohjeita.**

Sirotteen levitys aloitetaan välittömästi ensimmäisen hiertokerran jälkeen. Sirote voidaan joko levittää annostelu vaunuilla tai käsin. Mikäli sirotteen määrä on enemmän kuin 6 kg/m^2 , tulee annos levittää kahdessa osassa. Ensimmäisen sirotekerroksen kostuessa hierretään pinta uudestaan. Tämän jälkeen levitetään toinen sirotekerros ja toistetaan hiesto. Kun sirote on tummunut, imettyään itseensä kosteutta, hierretään pinta vielä kahden kertaan ristiin. Tämän jälkeen pinta joudutaan useimmiten vielä siivittämään kahden kertaan.

Sirotteen levitykseen ja hiertoon liittyviä työvaiheita lukuun ottamatta, ovat työmenetelmät täysin samat kuin lattiassa, jossa sirotetta ei käytetä.

[25; s.1-28.]

Kulutuskestävyyden kannalta ylivoimainen vaihtoehto on kovabetonipinta, joka tehdään joko märkää-märälle menetelmällä tai jo kovettuneelle betonille. Kovabetonipintauksella saavutetaan yli 80 Mpa pinta lujuuksia. Kovabetonipintauksen paksuudet on esitelty luvussa 2.6.3.

Kovabetonimassa on raaka-aineiltaan samaa tavaraa kuin kuivasirotemassa, siinä käytetään vain suuremman raekoon runkoainesta ja lisäksi aineita, jotka vaikuttavat massan ja lopullisen pinnan ominaisuuksiin. Kulutuskestävyys on jo pelkästään kovabetonin kerrospaksuuden vuoksi moninkertainen verrattuna kuivasirotepinintaan. Kovabetonin etuna on myös se, että se ei sekoitu alusbetoniin, jolloin ongelmia ilmamäärän taikka erottuvan veden kanssa ei ole. Kovabetoni lisää kuitenkin myös alusbetonin käyttöikää, olemalla tiivis ja vastustamalla nesteiden tunkeutumista rakenteeseen.

Kovabetoni siirretään työkohteeseen pumpulla ja levitetään oikolaudoilla. Tämän jälkeen pinta hierretään ja siivitetään, kuten hiettoa käsitellessä kappaleessa on kerrottu. Kovalle alustalle tehtäessä on alustaan levitettävä tartuntalaasti ennen kovabetonin levitystä.

[22.] [23.]

3 Paikallavalettaviin betonilaattoihin halkeilua ja kutistumaa aiheuttavat tekijät

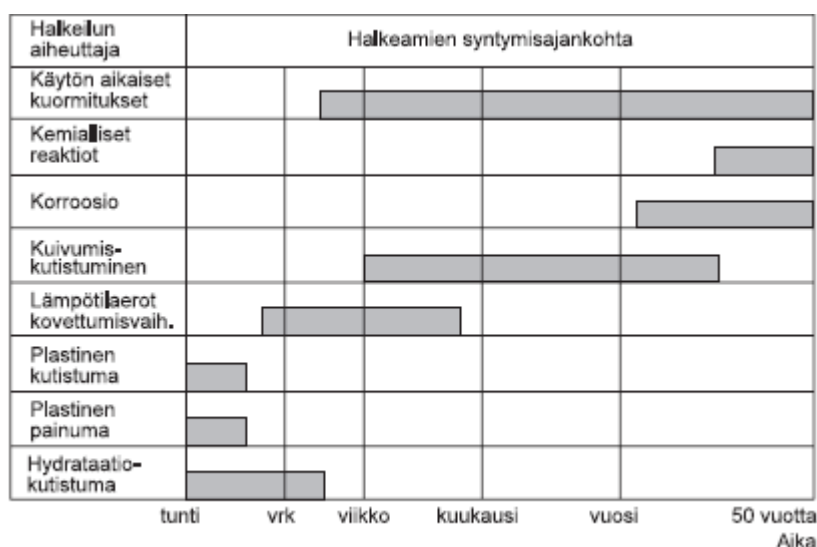
Kun käsitellään paikallavalulaattoja, on yleisin laatuvirhe laatan halkeilu. Tästä syystä käydään tässä luvussa läpi kutistumaa aiheuttavat tekijät, joita on jo sivuttu luvussa 3.

Betonin kutistumaa ja sitä kautta halkeilua aiheuttavat syyt voidaan jakaa ulkoisiin ja sisäisiin tekijöihin. Ulkoisista tekijöistä huomioon otettava on ainakin ilman suhteellinen kosteus, ympäröivä lämpötila ja ilmavirtaukset rakenteen pinnalla. Näitä asioita on käsitelty tarkemmin valuolosuhteita käsittelevässä luvussa 3.6.1. Sisäisistä tekijöistä tärkeimmät tekijät ovat sementtityppi ja betonin koostumus.

Ajallisesti kutistumaa ja halkeilua aiheuttavat syyt voidaan jakaa karkeasti kahteen eri ryhmään: varhaisvaiheen kutistumaan mikä tapahtuu 48 h massan levityksestä ja myöhemmän vaiheen kutistumaan mikä tapahtuu tämän jälkeen. Alla olevassa taulukossa on esitetty halkeilun aiheuttajat.

[10; s.138-139]

Taulukko 18. Halkeilua aiheuttavia tekijöitä. [by 32 betonirakenteiden säilyvyysohjeet ja käyttöikämitoitus 1992. Suomen betoniyhdistys ry. s. 24]



Kuten taulukosta voi huomata, tapahtuu betoni rakenteessa kutistumaa, alkaen noin 30 minuuttia valusta jatkuen vuosikymmeniä, korroosion ja kemiallisten reaktioiden aiheuttaen useimmiten sivutuotteita, jotka ovat alkuperäisiä aineita tilavampia, ja siten aiheuttaen halkeamia. Tästä syystä on hyvä tunnistaa kutistumatyyppit.[24; s.24.]

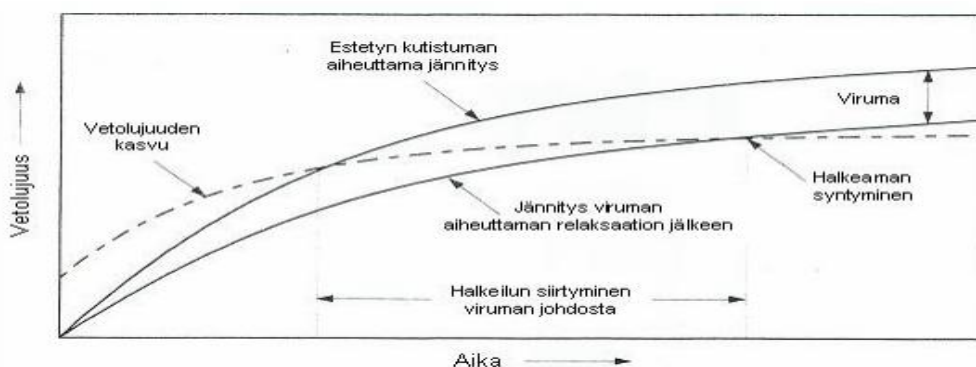
3.1.1 Viruman vaikutus halkeiluun

Viruma tarkoittaa ilmiötä jossa kuormitetun betonin muodonmuutos kasvaa ajan myötä vaikka kuormitusta ei lisätä. Lattioissa vetoviruman rooli on merkittävä halkeilun hallinnassa. Viruman tapahtuessa hitaasti, tulisi myös kuivumiskutistuman tapahtua hitaasti jotta murtovenymä ehtii kasvaa viruman toimesta. Halkeilun kannalta tulisi siis betonin muodonmuutuskapasiteetin olla mahdollisimman suuri. Tyypillisesti betonin murtovenymä on lyhyt aikaisessa kuormituksessa lähes olematon. 0,05 - 0,2 mm/m. Kun kutistuma tapahtuu hitaasti, kasvaa tämä luku huomattavasti viruman ja mikrohalkeilun johdosta helposti 0,6 mm/m.

Suunnitelluilla kuormitusalueilla viruman suurus on verrannollinen kuormitukseen. Mitä suurempi kuorma on, sitä suurempaa viruma esiintyy. Poiketen kuivumiskutistumasta, viruman aiheuttamat betoninmuodon muutokset ovat tuoreella betonilla paaluttamattomia. Kypsemmällä betonilla muodonmuutokset palautuvat.

Vetovirumaa voidaan kasvattaa lisäämällä sementtipastan määrää (ei suositella kuivumiskutistuman kasvun takia) ja pitämällä kuivumisen olosuhdemuutokset hallittuina.

Taulukko 19. Vetojännitysten kehittyminen ja viruman vaikutus jännityksiin kuivumiskutistuman ollessa estetty. [by45/bly7 Betonilattiat 2014, Suomenbetoniyhdistys ry ; s. 149]



[25; s.11-14]

3.1.2 Plastinen kutistuma

Plastisen kutistuman ollessa kutistumatyypeistä potentiaalisesti suurin, kutistuma jopa 5 mm/m, sen hallinta on erittäin tärkeää lattian laadun kannalta.

Plastinen kutistuma tapahtuu kun betoni on vielä tuoreessa, plastisessa vaiheessa, jolloin laatan pinnalta haituva vesimäärä on suurempi kun betonista pintaan erottuva, korvaava vesimäärä. Laatan pinnan kuivuessa muodostuu pinnan lähellä olevien sementtihiukkasten välille kaarevia vesipintoja, jolloin veden pintajännityksen ja sementin välinen vetovoima aiheuttaa betonin kutistumista. Tällöin syntyy myös betonin kapillaarihuokosiin alipaine, joka pyrkii imemään syvemmältä rakenteesta vettä laatan pintaan.

Niin kauan kun kiviainesrakeet ja sementtihiukkaset pystyvät liikkumaan haihtuvan veden jättämää tilaa kohti, on betonin tilavuuden pieneneminen yhtä suuri kuin haihtuvan veden määrä eikä halkeilu tällöin synny. Kun runkoaines ja sementtihiukkaset sisäisen kitkan johdosta, eivät pysty enää liikkumaan syntyy vetojännityksiä, jotka aiheuttavat vetojännityksiä, jotka saattavat aiheuttaa halkeilua [9; s.73.]

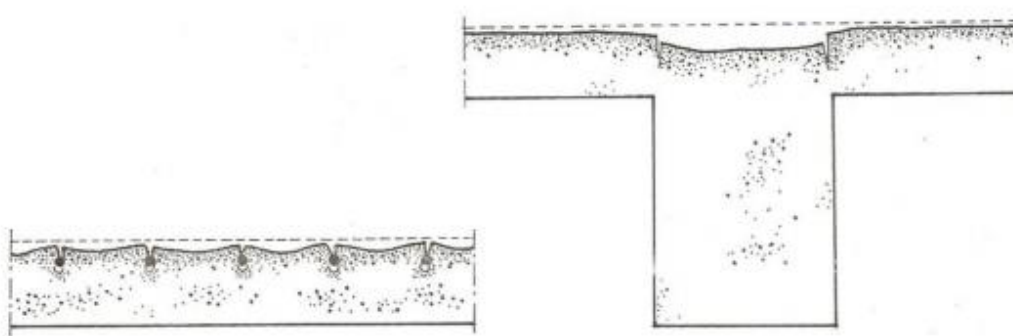
Plastinen kutistuma on merkittävää kun betonimassan sitoutumisaika on pitkä, ympäröivän ilman suhteellinen kosteus on pieni tai vettä haihtuu merkittävästi laatan pinnalta. **Tehonotkistetuilla, alhaisen V/S-suhteen ($<0,5$) massoilla sekä huokostetuilla massoilla plastisen kutistuman riski on moninkertainen, koska tällaiset massat eivät nosta vettä laatan pintaan.**

Olosuhteiden vaikutuksesta plastiseen kutistumaan löytyy valuolosuhteita käsittelevästä luvusta 3.6.1.

[10; s. 138-139.]

3.1.3 Plastinen painuma

Plastisella painumalla tarkoitetaan betonin runkoaineen ja sementin painumista, veden noustessa pintaan. Jos tämä vajoaminen on estetty esimerkiksi poikkileikkauksen muutoksen tai raudoitustangon takia, syntyy sille kohtaa plastisen painuman aiheuttama painuma. Plastista painumaa tapahtuu tavallisesti 2-3 tuntia massan levittämisestä olosuhteista riippumatta. Plastisen painuman riski kasvaa paksuissa ja poikkileikkaukseltaan monimuotoisissa laatta rakenteissa



Kuva 14. Plastinen painuma ja sen aiheuttamaa halkeilua. [by 201 Betonitekniiikan oppikirja. Suomen betoniyhdistys ry. s. 72.]

Plastista painumaa voidaan ehkäistä käyttämällä tarpeeksi jäykkää massaa (S2-S3) ja optimoimalla runkoaineen rakeisuuskäyrää. Kantavissa laatta rakenteissa tulee palkit jälkitäryttää, jotta palkin ja laatan rajapintaan ei synny plastisen painuman aiheuttamia halkeamia.

[9; s.72.] [10; s.139.]

3.1.4 Autogeeninen kutistuma

Autogeenisella kutistumalla tarkoitetaan tilannetta, jossa sementin ja veden reaktiotuote, sementtikivi, on tilavuudeltaan pienempi kuin tuotteiden alkuperäiset tilavuudet. Tilanteessa myös betoni kuivuu sisäisesti, jonka seurauksena kutistumaa tapahtuu kuivumisen kautta. Autogeeninen kutistuma tapahtuu ilman ulkoista kuivumista ja se kasvaa V/S-suhteen laskiessa. Käytännön merkitystä sillä on, kun V/S-suhde laskee alle 0,45. Kantamattomissa rakenteissa mihin ei kohdistu rasitusluokkien mukaisia rasituksia ei näin alhaisia V/S-suhteen betoneita yleensä käytetä. Tilanne tulee esiin jos kyseessä on siis rakenne johon kohdistuu kloridi- tai kemiallista rasitusta.

Autogeenista kutistumaa voidaan pienentää pitämällä veden ja sementin määrät kohtuullisena ja kiviaineksen osuus mahdollisimman suurena.

[10; s.139-140.]

3.1.5 Kuivumiskutistuma

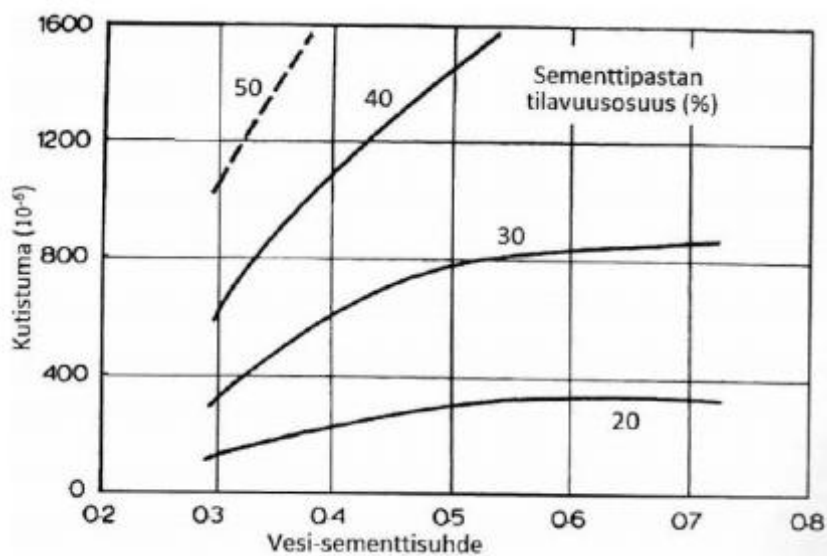
Betonille tyypillinen materiaaliominaisuus on kutistuminen sen kuivuessa (0,5-1,5 mm/m). Kuivumisen aiheuttama kutistuminen on hidasta. Normaali betoneilla kutistuminen alkaa kun jälkihoito lopetetaan, lujilla betoneilla jo jälkihoidon aikana, ja se jatkuu aina vuosikymmeniä. Oletuksena on että kokonaiskutistumasta on tapahtunut 35 % ensimmäisen 30 vrk aikana, 80 % 91 vrk aikana ja 90 % ensimmäisen vuoden aikana. Jälkihoidon ollessa edes kohtuullisella tasolla, ei sillä ole vaikutusta kuivumisen aiheuttamaan kutistumaan. Kuivumiskutistuman suuruuteen pystytään vaikuttamaan ympäristön kosteuspitoisuudella ja betonin koostumuksella.

Mitä kuivempaa ympäröivä ilma on, sitä suurempaa on kuivumisen aiheuttama kutistuma. Suhteellisen kosteuden ollessa 50 % on kutistuma noin 35 % suurempaa kuin 70 % suhteellisessa kosteudessa. Lämpötila nopeuttaa kuivumista ja siten myös kutistumista, mutta se ei vaikuta kutistuman suuruuteen. Ilmavirtauksilla ei ole vaikutusta tähän kutistuman lajiin.

Betonin koostumukseen liittyy sementtipastan tilavuusosuus, betonin vesimäärä, V/S-suhte ja rakenteen paksuus. Suomessa kiviaineen vedenabsorption ollessa pientä, kimmo kertoimen ollessa lähes vakio ja kutistuma olematonta, on betonin kuivumiskutistuma käytännössä sementtipastan ominaisuus. Sementtipastalle ei ole selkeää määritelmää, mutta yleensä sen katsotaan muodostuvan sementistä, vedestä, seosaineista, lisäaineista ja hienon kiviaines fillerin (raekoko < 0,125 mm) yhteismäärästä.

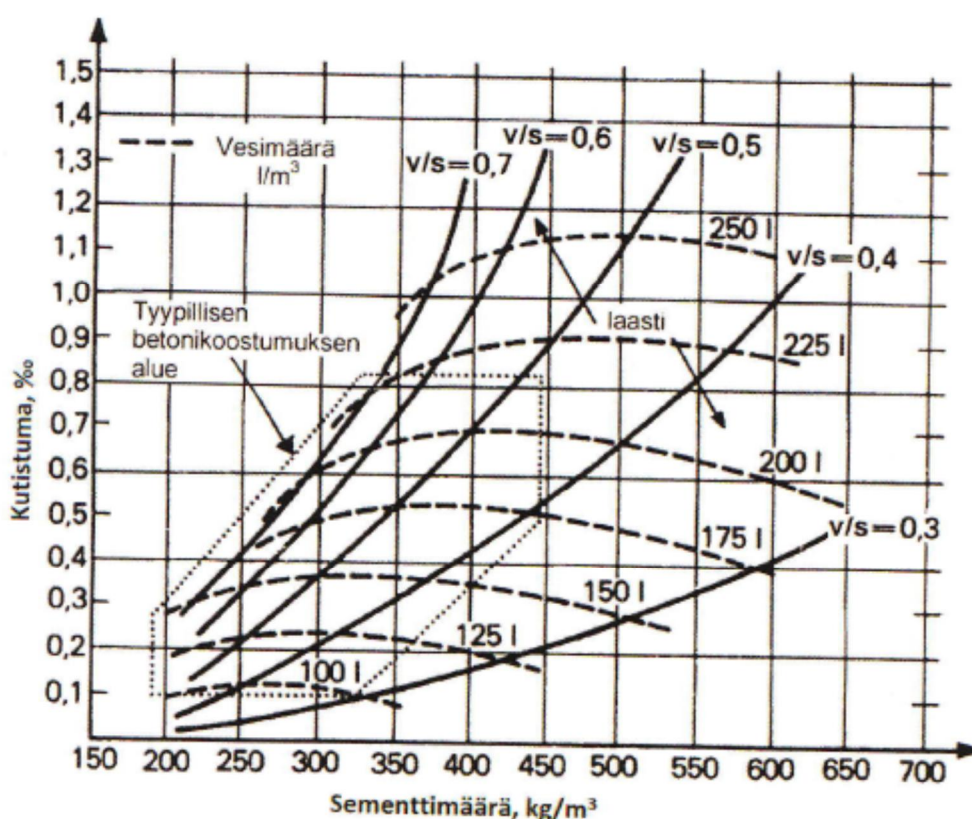
Sementtipastan määrän minimointi on yleisesti tiedostettu kuivumiskutistuman ehkäisijä. Kiviaines on betonissa ainut aine mikä ei kutistu, joten kun pastamäärä vähenee ja kiviaineen määrä kasvaa, saadaan betonin kuivumiskutisumakin pienenemään. Laattabetoneissa työstettävyys ja pumpattavuus rajoittavat kiviaineksen maksimissaan 65 %. Alla oleva taulukko kuvaa suuntaa antavasti sementtipastan vaikutuksia kutistumaan.

Taulukko 20. Sementtipastan ja V/S-suhteen vaikutus betonin kutistumaan [by 45/bly7 Betoni-
lattiat 2014. Suomen betoniyhdistys ry; s.141.]



Sementtimäärän, V/S-suhteen ja vesimäärän vaikutus betonin kuivumiskutisumaan on monimutkainen ja siinä kaikki vaikuttaa kaikkeen, eikä lattiabetoneissa yleensä näillä laatutekijöillä pystytä juuri edes kikkailemaan, jotta massan työstettävyys pysyy edes kohtuullisena. Nämä monimuotoiset vaikutukset pystytään havaitsemaan alla olevasta kuvasta. Nyrkkisääntönä voidaan kuitenkin pitää sitä, että mitä vähemmän vetää ja sementtiä (sementtipastaa) sitä vähemmän kutistumaa.

Taulukko 21. Sementti- ja vesimäärän vaikutus normaalibetonin kutistumaan. [by45/bly7 Betoilattiat 2014. Suomenbetoniyhdistys ry; s. 142]



Laatan paksuudella on myös vaikutusta kuivumiskutistuman suuruuteen. Mitä paksumpi laatta on, sitä hitaammin kuivuminen tapahtuu ja sitä pienemmäksi kutistuma jää. Suuret rakenteet eivät välttämättä koskaan koko käyttöikänsä saavuta lopullista kutistumaansa kun taas 150 mm paksu laatta voi olla jo kutistunut lopulliseen muotoonsa kahden vuoden iässä. Rakenteen paksuuden kasvattamista kuivumiskutistuman minimoiseksi ei kuitenkaan suositella siitä johtuvien taloudellisten menojen takia.

Kuivumiskutistuman aiheuttaman halkeilun ehkäisy tapahtuu siis pääasiassa betonin koostumuksen ja raudoituksen avulla.

[10; s.141-143] [19.]

3.1.6 Lämpötilan aiheuttamat muodonmuutokset

Betonin lämpölaajenemiskerroin on $10 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$. Tämä tarkoittaa sitä, että metrin mittainen betonikappale pitenee tai lyhenee rakenteen lämpötilan muuttuessa yhdellä asteella. Kun tämä muodonmuutos on estetty, tapahtuu rakenteessa halkeama jos rakenteen sen hetkinen vetolujuus ylittyy.

Tämä betonin ominaisuus aiheuttaa ongelmia silloin kun kyseessä on vaikka kesällä vallettu laatta, joka rupeaa kutistumaan lämpötilojen jäähtyessä talvea kohti. Suunnittelussa tämä otetaan huomioon suunnittelemalla tarvittavat saumat ja estämällä estetyn kutistuman tilanne.

Enemmän ongelmaa aiheuttavat betonin lämpölaajenemiskertoimen muutokset eri ikäsillä massoilla.

Taulukko 22. Eri ikäisten betonien lämpölaajenemiskertoimia. [Betonirakenteiden kutistuminen ja halkeamien ehkäisy. Juha Komonen. Rakentajan kalenteri 2010. s. 428-439.]

Betonin ikä	Lämpötilakerroin $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
Tuorebetoni	19
8 - 24 tuntia	15
2 - 7 vuorokautta	12

Tämä ominaisuus esiintyy varsinkin pintabetonilaatoissa, jotka valetaan kauttaaltaan kiinni kovettuneeseen alusbetoniin sekä massiivisissa laatoissa missä lämpötilaeroja syntyy rakenteen sisälle.

Massiivisissa rakenteissa kovettumisreaktioiden hidastuessa alkaa rakenne jäähtyä ja kutistua. Rakenne jäähtyy nopeammin pinnoilta kuin ydinosasta jolloin rakenteen pintaan syntyy jännityksiä mitkä saattavat aiheuttaa pintaan halkeilua. Tätä ominaisuutta voidaan hallita käyttämällä betonissa hidastimia, joilla saadaan lämpötilan nousua hydrataatio-reaktioissa laskettua ja täten pidettyä rakenteen lämpötila homogeenisempana.

Pintalattioissa syntyy tavallisesti kymmeninen asteiden lämpötilaeroja alusbetonin ja pintakerroksen välille johtuen hydrataatioreaktion aiheuttamasta lämmöstä. Kun pintakerros jäähtyy ja täten alkaa kutistumaan, ei aluskerros tässä kohta kutistu samalla tavalla ja seurauksena on pintakerroksen halkeaminen koko rakenteen läpi. Tehokkain keino tämän tyyppisten tapahtumien estämiseen on lämpötilaerojen minimointi.

[10; s.143-144] [25; s.14.]

4 Asiantuntijahaastattelut

Haastatteluiden tarkoituksena oli löytää käytännön ongelmia ja oivalluksia kirjoista löytyvän teorian tiedon tueksi. Tämän takia esitetyt kysymykset jätettiin erittäin avoimiksi ja sitä kautta haettiin uutta tietoa.

Haastattelun runkona toimi kolme aihe-aluetta: laattojen suunnittelu, betonimassan ominaisuudet ja työmaalla tapahtuva tuotanto. Haastateltavien valinta perustui näiden pääkohtien ympärille joten haastattelupyyntö lähetettiin YIT:n kanssa yhteistyötä tekevään kahteen suunnittelutoimistoon, kahdelle valmisbetonin toimittajalle ja kahdelle lattiavaluja tekeväälle urakoitsijalle. Loppujen lopuksi haastatteluun suostuivat molemmat suunnittelutoimistot, toinen valmisbetonin toimittaja ja toinen lattiavalu-urakoitsija. Haastateltaville annettiin mahdollisuus pysyä anonyymeinä, jotta mahdollinen kritiikki tulisi mahdollisimman selvästi esille. Haastattelunrunko ja haastattelupyyntö löytyvät tämän työn liitteistä.

Haastatteluun suostuivat seuraavat henkilöt

- Pauli Oksman, Toimitusjohtaja SRT Oy
- Simo Suunnittelija (nimi muutettu), Projektipäällikkö, A-insinöörit suunnittelu Oy
- Antti Kaislajoki, Tuotepäällikkö, Rakennusbetoni- ja elementti Oy
- Jouni Pajunen, Toimitusjohtaja, Lattiatyö Pajunen Oy

Haluaisin vielä tässä kohtaa kiittää haastattelupyyntöön myönteisesti vastanneita osapuolia.

4.1 Pääkohdat suunnitteluun liittyvissä kysymyksissä

Suunnittelijoiden puolelta viesti oli se, että onnistuneen laatan suunnitteleminen paperilla on verrattain helppo tehtävä. Haastetta ja lisätyötä aiheuttavat monimuotoiset poikkileikkaukset, sekä jälkijännitetyissä laatoissa tehtävä pakkovoimien tarkastelu. Mikäli on päädytty teräs- tai makrokuiduilla raudoitettuun laattaan, on myös esiintynyt tarvetta kuitutoimittajien tekemien laskelmien tarkastamiseen.

Suunnittelutoimistojen puolelta painotettiin myös tilaajan luomaa painetta valulohkojen koon kohtuuttomaan suurentamiseen varsinkin maanvaraisissa laatoissa. Valulohkoja suurentamalla päästään isompiin päiväsuorituksiin työmaalla, mutta halkeilun kannalta se ei ole optimaalista. Suuremmat valulohkot vaativat aina enemmän lattiavaluporukalta miesvoimaa, jotta hierto päästään aloittamaan oikeassa ajankohdassa. Lattiavaluporukalla oli selkeä käsitys myös tästä, että jos valettavan laatan pinta-ala kasvaa, he lisäävät miehiä ja tehokkaampaa kalustoa mukaan. Urakoitsijan mielipide valulohkojen kokoon on se, että kun hierto päästään aloittamaan neljä tuntia valun alusta, ovat he tyytyväisiä.

Suunnittelijat myös painottivat kulutusrasitettujenlaattojen suunniteltavan käyttöiän pitämistä kohtuullisena. Tähän yhtyi myös betonintoimittajan edustaja. Tilaajilla ei usein tietoa nastarenkaiden aiheuttaman kulutusrasituksen rajuudesta ja vaaditaan kohtuuttomia käyttöiä.

”Todellinen käyttöikä pysäköintilaitoksissa on todellisuudessa enintään 20 vuotta joten laatan pinnan huollettavuuteen on kiinnitettävä enemmän huomiota”, sanoo Antti Kaislajoki Rakennusbetoni- ja elementti Oy:sta.

Betonintoimittaja esitti myös että maanvaraisissa lattioissa tulisi lämmöneriste sijoittaa 300-400 mm sepelipatjan alle, jotta laatta pystyttäisiin betonoimaan suoraan betoniauton perästä ja täten käyttämään vähemmän kutistuvaa massaa.

Kaikki haastateltavat pitivät sitä selvänä asiana, että kuitulattiat tulevat lisääntymään. Kuitujen käytöstä on kaikilla oikeastaan hyvät kokemukset. Urakoitsijalla on kokemuksia siitä että työmaalle toimitetussa makrokuitumassassa on jopa nyркиn kokoisia kuitupalloja. Betonintoimittaja kertoi että toisinaan teräskuitujen toimittajalla eksyy kuitusäkkeihin

jopa 30 cm pitkiä kuituja. Näitä puutteita betonintoimittaja pyrkii ehkäisemään käyttämällä tuttuja kuidun toimittajia.

Kulutuskestävyyttä lisäävien pinnoitteiden käytöstä haastateltavilla oli eniten kokemuksia kuivasirotteiden käytöstä. Suunnittelijat tiedostavat sen, että sirote on erittäin helpporatkaisu suunnitella ja epäonnistuminen sirotteiden kanssa tapahtuu aina työmaalla. Lattiaporukat tekevät mielellään kyllä kuivasirotteita ja kokemukset niiden käytöstä erinomaiset. Betonintoimittajan edustaja mielestä pitäisi mennä enemmän kovabetonipintausten käyttöön, koska se on huomattavasti paljon helpommin huollettava kuin ohut kuivasirotepinna. Suunnittelijat kuitenkin muistuttavat, että mikäli kovabetonipintausta tehdään märkää-märälle menetelmällä, on taas lisättävä resurssia itse valutyöhön.

”Pysäköintilaitoksissa kaikkein pahimmat paikat ovat sisäänkäyntiovien edustat ja mahdolliset kääntöpaikat. Sisäänkäyntien läheisyydessä lämpötilan vaihtelun aiheuttamat liikkeet ja kulutus ovat suurimmat. Käytännössä olen kuitenkin huomannut että kun pidetään laskennallinen halkeama alle 0,2mm ei halkeilun kannalta tule ongelmia”, sanoo Pauli Oksman SRT Oy:stä.

4.1.1 Yhteenveto

- Kaikki osapuolet tiedostavat sen, että maanvaraisissa lattioissa on eniten ongelmia
- Tiedostettava se että osa halkeilusta on aina suunniteltua
- Liikuntasauvojen = valulohkojen koko on saatava hallintaan tilaajan puolelta
- Mitä monimuotoisempi lattia on, kasvaa riski suunnitteluvirheen tapahtumiseen
- Halkeamisen kannalta pahat paikat on aina tunnistettava kohdekohtaisesti
- Halkeamaluokan valinnassa aina otettava huomioon pinnoitteen asettaman vaatimukset
- Kuitulattiat tuottavat lisätyötä suunnittelijoille
- Kuivasirotteita suunnitellaan mielellään
- Suunniteltavan käyttöä järkevä käyttö
- Kulutusrasitettujen lattioiden huollettavuuteen keskitytään
- Ylilujuuksien käytöstä pitää luopua

4.2 Pääkohdat betonimassan valinnassa

” Käytännössä itse betonin valmistuksessa ei ole ongelmia. Prosessi on niin automatisoitu ja loppuun hiottu. Massan laaduissa saattaa esiintyä kuitenkin poikkeamia varsinkin kesäisin pitkä hellejakson jälkeen kun betonissa käytetty kiviaines on päässyt lämpimään, sen haihdutettua ensin kaiken veden. Tällöin betonin lämpötila voi olla joitakin asteita korkeampi kuin muutoin. Meillä on tapana käyttää lattiabetoneissa kahta eri sementtiä: Rapid-sementtiä ja Plus-sementtiä. Näiden kahden sementin ominaisuudet täydentävät toisiaan hienosti betonin työstön ja kutistuman osalta.”, kertoo Antti Kaislajoki.

Suunnittelijoilla, betonintoimittajilla ja yleisenä luulona pidetään sitä, että lattiavaluporukat haluavat valaa mahdollisimman löysällä S4 ja pienen kiven 8 mm massalla. Kun esitin kysymyksen Jouni Pajuselle, mikä on hänelle mieluisin lattiabetoni, hän vastasi seuraavaa:

”Mieluiten pinnan laadun kannalta massan tulee olla 16mm kivellä ja notkeuden S2-S3 väliltä. Jos massa on löysempää/hienompaa jää pinta aina aaltomaiseksi, mikäli jäykempää ja isolla kivellä käy massan työstettävyyks liian raskaaksi. Paksuissa laatoissa pohjat voidaan valaa kyllä 32mm kivellä ja jäykemmällä massalla ”, sanoo Jouni Pajunen.

Seuraavana kysymyksenä esitin, että mitä jos ruvetaan vaatimaan jäykemmän ja isomman raekoon massa hän vastasi, että päivässä valettavat määrät pienenevät ja työn hinta nousee.

”Betonimassan valintaan liittyy myös aina valittu massan siirtotapa. Jos päädytään pumppaukseen, puhuttamaakaan siitä että joudutaan valaa kymmeniä metriä pitkällä linjalla, me joudutaan lisäämään hienoainesta ja sementtiä, mikä taas lisää kutistuvan sementtipastan määrää. Tässä heitän pallon teille tuotantoon että miettikää valujärjestystä. Sitten on vielä teräskuitubetonit mitä joudutaan aina nesteyttämään jotta massaa pysyy työstettävänä. Joku saattaa kysyä että mihin se teräs vettä tarvitsee, mutta tämä on kokemuksen mukanaan tuomaa tietoa”, tiivistää Antti Kaislajoki vielä massaan liittyen.

Kaikki haastateltavat painottivat myös sitä että mikäli vain mitenkään mahdollista tulisi sementin arvostelu ikä siirtää 91 vuorokauteen, 28 vuorokauden sijaan. Näin hallitaan paremmin kuivumiskutistumaa ja vältetään ylilujuuksilta.

4.2.1 Yhteenveto

- Tieto hyvästä lattiabetonista on kaikilla varmasti tiedossa. Kompromisseihin joudutaan kiireen ja rahan takia
- Hyvät ja huonot päätökset massan suhteen tehdään työmaalla
- Betonin siirtotapa valittava massan mukaan eikä toiste päin
- Massan ominaisuuksien vaikutus betonin käyttämiseen halkeilun suhteen tulee tiedostaa

4.3 Pääkohdat työmaalla tapahtuvaan tuotantoon liittyvissä kysymyksissä

Heti ensimmäisenä kaikki haastateltavat nostivat esille lattiatöiden aloituskokouksen merkityksen.

”Itse pidän lattiatöiden aloituspalaveria erittäin tärkeänä varsinkin kohteissa missä lattia on rakennuksen käytön kannalta ensisijaisen tärkeä. Palaveri on pidettävä hyvissä ajoin jotta esille tulleet mahdolliset muutokset saadaan käsiteltyä ja paikalle kutsuttava lattia-valuporukka, pääurakoitsija, betonintoimittaja, suunnittelija ja mahdollisesti tilaajan edustaja. Me suunnittelijat otetaan mielellään sparrausta myös tuotannon puolelta ja tämä kokous on se paikka missä pääsee kukin sanomaan oman sanottavansa. Tämä kokous kannattaa ottaa käytännöksi. Haluaisin painottaa myös tuotannon osalta maanvaraisten laattojen pohjien laatuun keskittymistä. Epätasainen maapohja lisää kitkaa painuma kohdissa ja huono maaperän tiivistys ajaa halkeiluun ja painumaan”, sanoo Simo Suunnittelija A-Insinööreiltä.

”Kun me tullaan työmaalle on tärkeää että massaa on tilattu, massaa tulee koko ajan ja pinnan korko sekä laatuvaatimukset kerrotaan selkeästi. Lian usein kun me tulemme työmaalle ja mestari antaa meille lähtökoron mihin laatta pitäisi valaa, huomataan saman tien että raudat ovat liian pinnassa. Siinä sitten ruvetaan hakkaamaan milloin milläkin teräksiä alaspäin että saadaan raudat edes massan alle piiloon. Tätä esiintyy varsinkin verkoilla raudoitetuissa kohteissa kun neljän verkon kulmat ovat päällekkäin. Järki käteen työmailla ja korot haltuun ennen kuin on betoniautot pihassa.”, kertoo Jouni Pajunen.

Toisena selkeänä pääkohtana pidettiin olosuhteiden hallintaa. Varsinkin pintabetonilattioissa ja ohuissa maanvaraisissa laatoissa painotettiin pohjan lämmittämistä vähintäänkin plussan puolelle talviolosuhteissa. Painopiste oli myös valuajankohdan siirto kesäaikaan yölle. Tämä tuli esille varsinkin kun puhuttiin kantavista alahaisen V/S-suhteen massoista.

Kaikille haastateltaville yhteinen huolenaihe oli se, että huonolla jälkihoidolla pilataan muuten onnistunut laatta. Huolena oli se, että sitä tietoa olosuhteiden todellisista vaikutuksista ei tiedetä eikä välttämättä ymmärretä, mikä on jälkihoidon todellinen tarkoitus. Kuivasiroitteiden vaatimat olosuhteet ovat haastateltavien käsityksen sellainen asia mitä moni ei osaa tiedostaa.

” Välihoitoaineisiin ja jälkihoitoaineisiin minulla ei löydy mitään luottoa. Nämä tuli jossain vaiheessa erään betonitoimittajan myyntimiesten markkinointiin ja en ole niille ikinä keksinyt mitään käyttö kuin heidän toimittamiin betoneihin. Betonin toimittajissa on todella isot erot halkeilun suhteen ja se on minulle tämän 30 vuoden uran aikana tullut hyvin selväksi. Vaikka meidän valuporukka ei oikeastaan koskaan jälkihoitoa tee, vaan se kuuluu pääurakoitsijalle, niin kokemuksesta voin sanoa että vettä ja pressuja se laatta kaipaa eikä mitään myyntimiesten myrkkyjä.”, tiivistää Jouni Pajunen

Tuotannon osalta palaavat kaikki myös valuruutujen koon rajoittamiseen. Pumppauksen kannalta 150 - 200 m³ on aikalailla enimmäismäärä päivässä. Valuporukoiden koon merkitykseen on myös huolta. Lian pienillä porukoilla koitetaan lian isoja saavutuksia, jolloin pinnan suoruus ja kulutuskestävyys kärsii sata varmasti.

4.3.1 Yhteenveto

- Aloituspalaverin merkitys on iso
- Betonin siirtotapa ja betonimassan saatavuus on varmistettava hyvissä ajoin. Varauduttava myös vara-aseman käyttöön isoissa valuissa.
- Olosuhteiden hallinta on erittäin tärkeää”
- Jälkihoito erittäin tärkeää
- Jälkihoitoaineiden käyttö kyseenalaista veden ja pressujen sijaan
- Ennakkosuunnittelu on todella tärkeää myös betonilattioissa

4.4 Yhteenveto

Haastatteluissa tuli esille se, että kaikilla osapuolilla on se kirjoista löytyvä tieto, miten laadullisesti hyvä betonilattia toteutetaan. Osalla oli näkemyseroja siitä, milloin mihinkin osa-alueeseen tulisi keskittyä, mutta yleisesti voidaan sanoa, että kaikilla oli yhtenevä näkemys toimenpiteistä. Haastatteluiden perusteella saatuja pääkohtia ei voida pitää täysin validina, koska haastateltavien määrä ei ole riittävä. Haastateltavat ovat kuitenkin tilaajayrityksen kanssa yhteistyötä tekeviä tahoja ja oman alansa asiantuntijoita, joten tuloksilla on kuitenkin joku arvo.

5 Työohjeen laadinnan perusteet

Työohjeet laadittiin haastattelujen ja teorian tiedon pohjalta. Työohjeen perustana on se, että se todella näkisi päivittäistä käyttöä betonilattia-kohteissa pääurakoitsijan käytössä. Sen tulee siis olla tietynlainen kompromissi täydellisen ja rimanalittavan toteutuksen väliltä. Työohje tulee toimimaan lattiatyötä johtavan henkilön ohjeena minkä pohjalta hän voi varautua kyseisen rakenteen ominaispiirteisiin. Ohjeet eivät ole siis kädestä pitäen opastus ummikolle, miten teet tämän kyseisen rakenteen vaan pikemminkin tuoda esille ne riskit, jotka kyseistä rakennetta koskettavat.

Koska halkeiluun syntymiseen vaikuttaa niin moni asia, on ohjeessa esitetty toimenpiteet suosituksia ja esityksiä siitä miten mikäkin halkeiluun vaikuttava osa-alue vaikuttaa halkeaman syntymiseen. Työnjohtajan on aina kuitenkin tehtävä omakohtainen riskienarviointi jokaisesta valusta.

6 Yhteenveto

Betonilattian suunnittelua ohjaavat euronormit sekä siirtymävaiheessa vielä kansalliset julkaisut. Tuotantoon ja suunnitteluun on ohjeita, mitä Suomen betoniyhdistys ry julkaisee ja pitää yllä.

Betonilattian onnistunut toteutus on monen tekijän summa. Betonilattian toteutuksessa työmaan toiveet helposta, nopeasta ja edullisesta työsuorituksesta on ristiriidassa laadukkaan betonilattian vaatimien toimenpiteiden kanssa. Tämä tekee tosiasian siitä, että betonilattia on aina kompromissi hyvän ja huonon laadun, sekä helpon ja vaikean työsuorituksen välillä. Tarkoittaen sitä että helppo työnsuoritus → huono betoni → huono lattia.

Betonilattian onnistumiseen vaikuttavat valuolosuhteet, valutekniikka, betonimassa ja jälkihoito. Onnistuminen on aina näiden kohtien tulo. Jos yksikin osa-alue laiminlyödään, kasvaa riski epäonnistumiseen merkittävästi. Näiden onnistumiseen vaikuttavien osa-alueiden vaikutukset betonin halkeiluun tulee tiedostaa ja nämä osa-alueet tulee toteuttaa siten että päästään parhaaseen lopputulokseen.

Haastatteluissa tuli esille se, että kaikilla osapuolilla on se kirjoista löytyvä tieto miten laadullisesti hyvä betonilattia toteutetaan. Osalla oli näkemyseroja siitä, milloin mihinkin osa-alueeseen tulisi keskittyä, mutta yleisesti voidaan sanoa että kaikilla oli yhtenevä näkemys toimenpiteistä. Haastatteluiden perusteella saatuja pääkohtia ei voida pitää täysin validina, koska haastateltavien määrä ei ole riittävä. Haastateltavat ovat kuitenkin tilaajayrityksen kanssa yhteistyötä tekeviä tahoja ja oman alansa asiantuntijoita, joten tuloksilla on kuitenkin joku arvo.

Työn tuloksena olevan työohje on laadittu betonilattiatöitä vetävän työnjohtajan käyttöön. Ohjetta voidaan soveltaa kaikkiin betonilattioihin ja siinä on esitetty suositellut toimenpiteet sekä tuotu esille eri osa-alueiden vaikutukset halkeilun hallintaan.

7 Pohdintaa

Työ onnistui tyydyttävästi. Kirjatiedoista saatava materiaali on hyvin esillä ja työohje on onnistunut. Haastatteluiden määrä jäi valitettavan pieneksi johtuen opinnäytetyön osittain kireästä aikataulusta sekä valitettavista kieltäytymisistä haastatteluihin.

Opinnäytetyötä tehdessä tuli selväksi se, että olosuhteiden hallinta on tärkein työmaalla tehtävä toimenpide onnistumisen eteen. Tärkeiden valujen aloitus kesä-aikaan aina yöllä ja talvella alustan lämmitys sekä pinnan suojaus ovat ne tärkeimmät asia. Sekä se, että betonilattian halkeilun kannalta betonimassan, olosuhteiden ja jälkihoidon vaikutus ovat suhteessa paljon suuremmat kuin itse betonointi.

7.1 Jatkotoimenpiteet

Tässäkin työssä on esitelty sellaista tietoa, jota ei vielä osata täysin hyödyntää betonilattioiden toteutuksessa. Näiden toimenpiteiden ottaminen käyttöön mahdollistaisi betonilattian toteutuksen entistä paremmin.

Suunnittelijan tulisi määrittää aina lattian laatuvaatimuksista ainakin suoruus, kulutuskestävyys ja halkeamaleveys. Esimerkiksi **A – 2 – II**. Kun tämä kirjannumeroyhdistelmä on esitetty, tietää työmaa suoraan, mitä toimenpiteitä tulee suorittaa, jotta laatuvaatimukseen päästään.

Suunnittelijan tulisi määrittää aina betonimassan enimmäiskutistuma. Kun betonin enimmäiskutistuma on määritelty, pystyy työmaa tilaamaan betonimassan helposti luvun 3.1.5 taulukon tiedoilla. Tämä lisäisi selvästi betonilattioiden halkeilun vähenemistä.

Betonilattiatyön aloituspalaveri tulee ottaa käyttöön. Kun betonilattia nostetaan esille, mahdollisuus virheen tapahtumiseen pienenee. Niin suunnittelijat kuin lattiavalu-urakoitsijat tulevat varmasti mukaan.

Betonilattiantyönjohtajia tulisi kouluttaa. Betonilattiayhdistys järjestää koulutuksia. Pitää tuoda siis paremmin esille miten eri osa-alueilla vaikutetaan betonilattiaan. Suunnittelijat tulisi saada myös tähän koulutukseen.

Lähteet

1. MaaRYL 2010, Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö RTS
2. InfraRYL, Rakennustieto Oy, InfraRYLnet palvelu
3. By 50 Betoninormit 2012, Suomenbetoniyhdistys ry
4. Puhdasvaluopas, Jenni Korpela ja Tuomas Palolahti, Betoniteollisuus ry
5. BY 201 Betonitekniikan oppikirja 2004, Suomen betoniyhdistys ry
6. BY45/ BLY7 Betonilattiat 2014, Suomenbetoniyhdistys ry, Tammerprint Oy
7. By56 Teräskuitubetonirakenteet 2011, Suomenbetoniyhdistys ry, ESA Print Oy
8. By13 Polymeerikuidut betonissa, Suomen betoniyhdistys ry. PDF-julkaisu <http://www.betoniyhdistys.fi/media/julkaisut/by-13-polymeerikuidut-betonissa.pdf>
9. Teräskuitubetonin käyttäminen kantavissa rakenteissa, Jurgen Mandl ja Martti Matsinen. Betonilehti 1/2014. Suomen betoniyhdistys ry
10. bly14 Betonilattiat kortisto, Suomen betonilattiyhdistys ry, Suomen Rakennus-media Oy. PDF-julkaisu. <http://www.bly.fi/File/BLY-14.pdf?rnd=1356602833>
11. by 210 Betonirakenteiden suunnittelu ja mitoitus 2008, Suomen betoniyhdistys ry. Gummerus kirjapaino Oy.
12. By 27 Tartunnattomat jänteet, Suomen betoniyhdistys ry. Karisto Oy:n kirjapaino
13. by 43 Betonin kiviainekset 2008, Suomen betoniyhdistys ry, Multiprint Oy
14. Betonin lisäaineet, Semtu Oy. <http://www.semtu.fi/fi/tuotteet/betonin-lisa-aineet/>. Luettu 2.3.2016.

15. Betonilattioiden kutistuman ja halkeilun hallinta, Jasmiina Hietala, Betonilehti 3/2011, Suomen betoniyhdistys ry
16. Esite Expandit-5 paisutinaine. Semtu Oy. <http://www.semtu.fi/files/3514/0723/9964/Expandit-5-esite.pdf>. Luettu 2.3.2016
17. By 52 Lentotuhkan käyttö betonissa 2008, Suomen betoniyhdistys ry, Multiprint Oy
18. BLY-3 Betonilattioiden jälkihoito. Suomen Betonilattiyhdistys ry. PDF julkaisu: <http://www.bly.fi/File/bly-3.pdf?rnd=1290757363>. Luettu 2.3.2016
19. Betonirakenteiden kutistuminen ja halkeamien ehkäisy. Juha Komonen. Rakentajain kalenteri 2010. s. 428-439.
20. Ratu-kortti 0403, Betonointi. Rakennustieto Oy
21. BLY 16 Suunnittelu- ja työohje kuivasirotteiden käyttämisestä betonilattioissa- Suomen Betonilattiyhdistys ry. PDF Julkaisu: <http://www.bly.fi/File/BLY16.pdf?rnd=1390297845>. Luettu 9.3.2016
22. Betonilattioiden kulutuskestävyys. Jalat tukevasti lattialla, Piimat Oy:n lattiablogi, Martti Matsinen. <https://piimat.wordpress.com/2014/02/26/betonilattioiden-kulutuskestavyys/>. Luettu 9.3.2016
23. Neodur HE 65 kovabetonipintausta työohje. Piimat Oy. <http://www.piimat.fi/user-Data/piimat-oy-h4s/pdf/NeodurHE65.pdf>. Luettu 9.3.2016
24. By 32 Betonirakenteiden säilyvyysohjeet ja käyttöikämitoitus 1992. Suomen betoniyhdistys ry. Suomen betonitieto Oy
25. Muotoiluvalun ongelmat ja laatuvaatimukset, Tutkimusseloste. VTT. PDF julkaisu: http://alk.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/muotoiluvaluselostus_2006.pdf. Luettu 10.3.2016

26. Betonilattioiden suunnittelusta ja toteutuksesta, Martti Matsinen, Betonilehti 1/2012; s. 30- 38. Suomen betoniyhdistys ry

Kysymykset:

1. Haastattelijan esittely

- a. Mikko Haro, YIT Rakennus Oy Infrapalvelut, Metropolia AMK, Insinööri-tutkimus, valmistuu 05/2016
- b. Insinööriyön tutkimuskysymys: Paikallavalu betonilaattojen halkeamisen juurisyy? Haastattelun pohjalta luodaan ohje miten YIT voi parantaa omaa toimintaansa.
- c. Haastateltavana on suunnittelijoita, betonintoimittajia ja lattiavalu ura-koitsijoita.
- d. Haastattelu kestää n.15-30min
- e. **Mahdollisuus antaa haastattelu anonyymisti**
- f. Haastateltavaa pyydetään vastaamaan rehellisesti varsinkin kritiikin osalta

2. Haastateltavan esittely

- a. Minkälainen on oma työhistoriasi?
- b. Mikä on roolisi betonilaattojen toteutuksessa?

3. Rakenteiden suunnittelu

- a. Mitkä näet olevan useimmin toistuvat virheet suunnittelun osalta?
- b. Mitkä asiat aiheuttavat työhösi eniten haastetta? (vain suunnittelijoille esitetty kysymys)
- c. Millä keinoin lähtisit ratkaisemaan edellä mainitsemiasi virheitä?
- d. Mitä työkaluja haluaisit lisää omaan työhösi, jotta suunnittelun virheet vähenisivät? (vain suunnittelijoille esitetty kysymys)
- e. Miten näet suunnittelun tulevaisuudessa kehittyvän?
- f. Miten YIT:n voisi parantaa omaa tekemistään jotta betonilaattojen suunnittelu olisi vielä parempaa?

4. Betonimassan ominaisuudet

- a. Mitkä näet olevan useimmin toistuvat puutteet betonimassassa?
- b. Mitkä asiat aiheuttavat edellä mainitsemiasi puutteita?
- c. Millä keinoin lähtisit korjaamaan edellä mainitsemiasi puutteita?
- d. Miten näet tulevaisuudessa betonitekniikan kehittyvän? Uusi normeja, uusia työmenetelmiä, uusia tuotteita?
- e. Miten YIT voisi parantaa omaa tekemistään, jotta työmaillemme toimittu betonimassa olisi entistäkin parempaa?

5. Työmaan toiminta

- a. Mitkä näet olevan useimmin tehtävät virheet työmailla? Olosuhteet, väärät työtavat yms??
- b. Mistä näet edellä mainitsemasi puutteiden johtuvan?
- c. Millä keinoin mainitsemasi puutteita tulisi lähteä korjaamaan?
- d. Miten näet työmaalla tapahtuvan tulevaisuudessa kehittyvän? uusia työmenetelmiä, uusia työkaluja, uusia toimintatapoja sopimustekniikassa?
- e. Miten YIT:n tulisi omaa työmailla tapahtuvaa toimintaansa parantaa?

6. Vapaa sana

Haastattelu 1

Nimi: Pauli Oksman
Nykyinen työtehtävä: Toimitusjohtaja, Insinööritoimisto SRT Oy
Koulutus ja pätevyydet: Rakennustekniikan DI
1-luokan betonirakenteiden suunnittelija
AA-vaativuusluokan betonirakenteiden suunnittelija
A-vaativuusluokan rakennusfysiikan suunnittelija
Betonirakenteiden suunnitelmien tarkastajan pätevyys

Pääkohdat suunnitteluun liittyvissä kysymyksissä

- Jälkijännitetyissä rakenteissa korostetusti pakkovoimien huomioon ottaminen (kustuma, viruma ja lämpöliikkeet). Pakkovoimien laskeminen näissä tuottaa eniten työtä ja virheen mahdollisuus kaikkein suurin.
- Pysäköintilaitoksissa varsinkin sisääntulojen ympäristön lämpötilan vaikutukset laatan liikeisiin on suuria. Halkeamat löytyvät useimmiten täältä
- Asiakkaat haluavat valaa liian isoja lohkoja ja haluavat täten säästää myös saumoihin liittyvissä kustannuksissa
- Maanvaraisissa laatoissa laakerikerroksen merkitystä vähätellään tilaajan puolelta
- Tilaajilla välillä varsinkin pysäköintilaitoksissa ei ymmärrystä laattaan kohdistuvasta kulutuksesta vaan pyydetään suunnittelemaan jopa 100 vuoden käyttöiällä
- Muistettava että osa halkeilusta on suunniteltua
- **Käytännössä havaittu että kun laskennallinen halkeamaleveys on alle 0,2mm, ei tarvitse halkeilun aiheuttamista ongelmista huolehtia.**
- Halkeamaluokan hallinnassa on myös otettava huomioon mahdollisen pinnoitteen asettamat vaatimukset.
- Suunnittelu ja tuotanto menossa entistä enemmän kuitulattioihin.
 - o Kuitutoimittajien tekemissä laskelmissa on ollut puutteita. Useimmiten kuitutoimittajan ensimmäinen laskelma ei täytä vaatimuksia.
 - o Kuitulaskelmat on aina tarkastettava
- **Liikuntasaumalaitteiden toimittajien laskelmat eivät useimmiten pidä paikkaansa, varsinkin ulkomailta tuoduissa tuotteissa.**

- Sirotteiden käytön ongelmat enemmän tuotannossa
 - o Tulisi aina pyrkiä varsinkin 100v käyttöiän rakenteissa käyttämään kovettuneelle betonille levitettäviin tuotteisiin.
- Kovabetonipintauksesta hyvät kokemukset

Pääkohdat betonimassaan liittyvissä kysymyksissä

- Halutaan käyttää lian löysää massaa lian pienellä kivellä
- Muovikuiduissa on ollut ongelmia. On esiintynyt nyrkin kokoisia kuitupalloja

Pääkohdat tuotantoon liittyvissä kysymyksissä

- **Aloituspalaverin merkitys ennen lattiatöiden aloittamista ensisijaisen tärkeää**
- Ymmärrys valuolosuhteiden vaikutuksesta vedenhaihtumiseen on puutteellista
- Jälkihoidon merkitys on ensisijaisen tärkeää ja sen laiminlyönti on lähes satavarma epäonnistunut laatan pinta
- Lian pienillä valuporukoilla haetaan turhan isoja työsaavutuksia. Hierron ajankohta myöhästyy ja kulutuskestävyys heikkenee yms.
- Kuivasirotteiden käytössä olosuhteiden hallinta korostettua

Haastattelu 2

Nimi:	Antti Kaislaoja
Nykyinen työtehtävä:	Tuotepäällikkö. Vastuulla valmisbetoni ja kiviainekset. Rakennusbetoni- ja elementti Oy
Koulutus ja pätevyydet:	Rakennusinsinööri (TEKN) 1 -luokan betonityönjohtaja Betonilattiatyönjohtajan pätevyys

Pääkohdat suunnitteluun liittyvissä kysymyksissä

- Käsityksen mukaan, maanvaraistenlattioiden suunnittelu aivan retuperällä.
- Terminaalirakennuksissa ei ymmärretä sitä että lattia on rakennuksen käytön kannalta kaikkein tärkein tekijä.
- Maanvaraisissa lattioissa tulisi lämmöneriste siirtää täyttökerroksen alle jotta laatta voitaisiin valaa suoraan rännillä.
- Rasitusluokkien kanssa ei ammuttaisi yli koska massa ei ole halkeilun kannalta hyvää
- Suojaetäisyydet tulisi olla sellaiset että aina mahtuisi 32mm kivi väliin.
- Valulohkojen kokoa tulisi rajoittaa tai valuporukoiden kokoa kasvattaa
- Kuivasirotteiden käytöstä on hyvät kokemukset betonintoimittajan näkökulmasta. Sirotteet menossa tosin pois muodista ja silikaattipohjaiset aineet tulossa tilalle. Kova-betonipinta on paras vaihtoehto halkeilun ja huollon kannalta.
- Tulisi enemmän suunnitella puhdasbetoni pintoja ja ehkäistä päällystämistä varsinkin kouluissa ja toimitiloissa. Kosteuden ehkäisy
- **Rasitusluokkien ja suunniteltavien käyttöikien kanssa on otettava järjikäteen kulutusrasitetuissa laatoissa. Todellinen käyttöikä on todellisuudessa max 20 vuotta.**

Pääkohdat betonimassaan liittyvissä kysymyksissä

- Valuporukat aina soittelee perään ja pyytää löysempää massaa ja pienempiä valuletkuja. Pyytävät aina S4 massaa ja 8mm kiveä.

- Massan valmistuksen automatiikka niin loppuun hiottua että ongelmia ei oikeastaan esiinny. Massan lämpötiloissa saattaa esiintyä eroja varsinkin pitkien helle jaksojen jälkeen.
- Aina valittava mahdollisimman jäykkä ja ison kiven betoni
- Tapana on ollut toimittaa lattiabetonit kahdella sementillä, Rapidilla ja Plus-sementillä. Etu on että päästään nopeasti hiertämään ja sementin laatu on tasaista.
- Mikro- ja makrokuiduissa ei ole ollut ongelmia. Teräskuiduissa toisinaan laatupuutteita esim. 30cm pitkiä kuituja säkin seassa. Pyritty käyttämään tuttuja toimittajia, jotta laatu on saatu pysymään hyvänä.
- Kuitutoimittajien laskemissa ei ole ollut ongelmia
- Kokemuksen mukaan tiedetään että teräskuitu betoneissa tarvitaan enemmän vettä. Tämä tarkoittaa siis sitä että kuitumassat ovat rajusti nesteytettyjä.
- Tulevaisuudessa betonin seosaineiden käyttö tulee lisääntymään ja uusia tuotteita tulee ilmestymään markkinoille. Kuitujen käyttö tulee myös lisääntymään radikaalisti ja niissä tullaan siirtymään myös kantaviin rakenteisiin.
- IT-betonin käyttöön ei löydy uskoa. En lähde myymään kenellekään. Jättää aina aaltoilevan pinnan ellei ole todella ammattitaitoinen porukka.

Pääkohdat tuotantoon liittyvissä kysymyksissä

- **Aloituspalaverin merkitys on erittäin iso onnistuneen lattian kannalta**
- **Tuotannonsuunnitteluun täytyy tosissaan panostaa**
- Valuporukoiden ja betonitoimittajien osaamiseen ei tule aina luottaa. Omaa ammattitaitoa on löydettävä jotta pystyy erottamaan hyvät akanoista.
- Valuporukat eivät ymmärrä tiivistyksen merkitystä ja tässä on suuri ongelma
- Jos pumpulla valetaan, on aina pyrittävä valamaan ”roikkovaluna”
- Tuotannon kannalta tulee aina miettiä missä vaiheessa laatta valetaan jotta vältetään pitkiltä linjavaluilta. Linjavaluissa joudutaan massaan aina lisäämään hienoaainesta ja sementtiä jotta massa pysyy pumpattavana. (SEMENTTIPASTAN MÄÄRÄ LISÄÄNTYY)
- Valuruutujen koko tulisi rajoittaa pumppauksen kannalta 150-200 m3. Muuten päivät venyvät liikaa. Mikäli valetaan isompia lattiaita, tulee lattiaurakoitsijan aina varata tarpeeksi työvoimaa. Kaksi ei riitä!

Haastattelu 3

Nimi:	Ei julkaista
Nykyinen tehtävä ja yritys:	Projektipäällikkö. Teollisuus- ja toimitilarakentaminen A-Insinöörit suunnittelu Oy
Koulutus ja pätevyydet:	Rakennustekniikan DI AA-luokan betonirakenteiden suunnittelija AA- luokan teräsrakenteiden suunnittelija AA-luokan rakennusfysiikan suunnittelija

Pääkohdat suunnitteluun liittyvissä kysymyksissä

- Suunnittelussa virhe saattaa käydä varsinkin maanvaraisissa laatoissa valulohkojen koon määrittämisessä tai mikäli yksi valulohko on poikkileikkauksiltaan liian monimuotoinen.
- Liikuntasaumojen sijoittelussa on myös esiintynyt puutteita. Tämä on täysin verrannollinen valulohkojen kokoon.
- Massiivisissa laatoissa betonin lämpötilan hallinta ja huomioon ottaminen on erittäin tärkeää
- Tapauskohteisesti käytössä on joko eurokoodit tai betoninormit. Eurokoodin käyttöä kohti mennään hitaasti mutta varmasti
- Halkeilun kannalta tulee aina kohdekohtaisesti käydä pahat paikat läpi.
- Toivotaan lattiaurakoitsijoilta ja pääurakoitsijoilta kokemuseräistä tietoa haastavista paikoista.
- Tulevaisuudessa 3D-mallien käyttö tulee lisääntymään
- Allianssihankkeen mukainen malli on ollut erityisen hienosti toimiva. Yhteistyö YIT:n kaikkien osapuolten kanssa on toiminut mallikkaasti.
- Kuivasiroteista hyvät kokemukset

Pääkohdat betonimassaan liittyvissä kysymyksissä

- Hyvät ja huonot päätökset massan valinnan suhteen tehdään yleensä urakoitsijan puolesta. Rasitusluokat, lujuus ja rakenneluokka pois lukien.
- Kuitubetonilattiat tulevat lisääntymään tulevaisuudessa. Kokemukset tähän mennessä ovat hyviä.
- Kuitutoimittajien laskelmissa ei ole esiintynyt puutteita

Pääkohdat tuotantoon liittyvissä kysymyksissä

- **Aloituspalaverin merkitys on erittäin iso onnistuneen lattian kannalta**
- Maanvaraisissa laatoissa pohjan tasaisuuteen tulee kiinnittää huomiota. Epätasaisuuden takia pohjaan esiintyy kutistumaa estäviä painanteita. Pohjamaan tiivistämisessä on myös esiintynyt puutteita.
- Jälkihoidon merkitystä ei tule vähätellä. Huonolla jälkihoidolla voidaan pilata muuten onnistunut lattia.
- Talviaikaan olosuhteiden hallinta on tärkeää varsinkin ohuissa laattarakenteissa. Pintabetonilaatoissa alusbetonin lämpötilanhallinta korostuu.

HAASTATTELU 4

Nimi	Jouni Pajunen
Nykyinen tehtävä ja yritys	Toimitusjohtaja
Kokemus lattiatöistä	30 vuotta

Pääkohdat suunnittelusta

- Suunnittelussa raudat liian pinnassa
- Pintabetoni lattioissa betonilaattojen käyryksiä oteta huomioon kun määritetään laatan paksuutta

Pääkohdat massasta

- Paras mahdollinen massa on S3 ja 16 Kivi.
- Paksuissa laatoissa 32 pohjalla ja 16 kivellä pinta
- Kuitumassoissa on ollut jonkin verran ongelmia. Saattanut olla nyrkin kokoisia klimppejä.
- Betonitoimittajien massoissa suuria eroja. Lohja Rudus on kaikkein huonoin

Pääkohdat tuotannossa

- Olosuhteiden hallinnassa parannettavaa. Varsinkin pintabetonin alustan kanssa ongelmia.
- Kesäisin varattava lisää miehiä ja kaliustoa. Valut aloitettava yöllä.
- Sitoutumisaika aina katottava kohteen mukaan. Mieluiten 4h iässä pinnoille
- Välihoitoaineen käyttöön ei löydy uskoa
- Lattian aloituspalaverin käyttöön ottoon löytyy intoa
- Kuivasiroitteiden käytöstä erinomaiset kokemukset
- mikäli 32 kiveä ja s2 massaa päivä saavutukset pienenevät.
- Riskien hallinta. Aina varmisettava massan saataavuus. Kuraa täytyy tulla kokoajan
- Raudoitteiden korkoaseman oltava hallussa.
- Jälkihoitoaineisiin ei löydy luottoa. VESI ON PARASTA JÄLKIHOITOAINETTA.

Työohje betonilaattojen halkeilun hallintaan

Betonilattian halkeilun hallinnasta on syytä tietää seuraavat asiat

1. Halkeilua aiheuttavat liikkeet
2. Halkeilun hallinta ennen betonointia
3. Halkeilun hallinta 0-8 h betonoinnista
 - a. Valuolosuhteet
 - b. Betonimassan valinta
 - c. Valutekniikka
4. Halkeilun hallinta 8h – 14 vrk betonoinnista

HALKEILUN SYYT			
Halkeilun aiheuttaja	Miksi tapahtuu	Ajankohta	Lisää riskiä halkeamaan
Plastinen kutistuma	Laatan pinnan kuivussa muodostuu pinnan lähellä olevien sementtihiukkasten välille kaarevia vesipintoja, jolloin veden pintajännityksen ja sementin välinen vetovoima aiheuttaa betonin kutistumista	0-8h massan levityksestä	Pienen V/S-suhteen massa
			Huokostimet
			Pitkä pinnan sitoutumisaika
			Korkeat lämpötilat
			Kovat ilmavirtaukset
			Kuiva ilma
Plastinen painuma	Runkoaine ja sementti painuu	2-3h massan levityksestä	Notkea betoni
			Paksuuden muutokset laatussa (palkit ja seinät)
			Paksut rakenteet
Autogeeninen kutistuma	Betonin kovettumisreaktiossa syntyvä sementtikivi on tilavuudeltaan pienempää kuin sementti ja vesi erikseen	1-24h massan levityksestä	Pieni V/S-suhte --> luja betoni
Kuivumiskutistuma	Betonissa oleva vesi haihtuu jollon betonin tilavuus pienenee	Jälkihoidon loppumisesta jopa 50 vuotta	Suuri sementtipastan määrä
			Alhainen suhteellinen kosteus
			Jälkihoidon epäonnistuminen
			Kutistumaa rajoittava pohja
			Ohut rakenne
Lämpötilan muutosten aiheuttama kutistuma	Vuodenaikojen lämpötilan vaihtelut	Alkaen 8h massan levityksestä	Suuret valulohkot
			Paksut rakenteet
	Eri ikäisen betonin lämpölaajenemiskertoimet ovat poikkeavia		Kylmä alusta

1. Halkeilun hallinta 0-8h betonoinnista

Halkeilun hallinta ensimmäiset 8h valusta on kaikkein kriittisintä koska tänä aikana syntyvien halkeamien koko on potentiaalisesti kaikkein suurin. Tänä aikana halkeamisen syntymiseen vaikuttaa valittu betonimassa, valuolosuhteet ja varhaisjälkihoito. Koska betonimassa valitaan jo ennen betonointia, mutta se vaikuttaa halkeiluun vielä 50 vuoden päästä, ota sen ominaisuudet jo nyt huomioon.

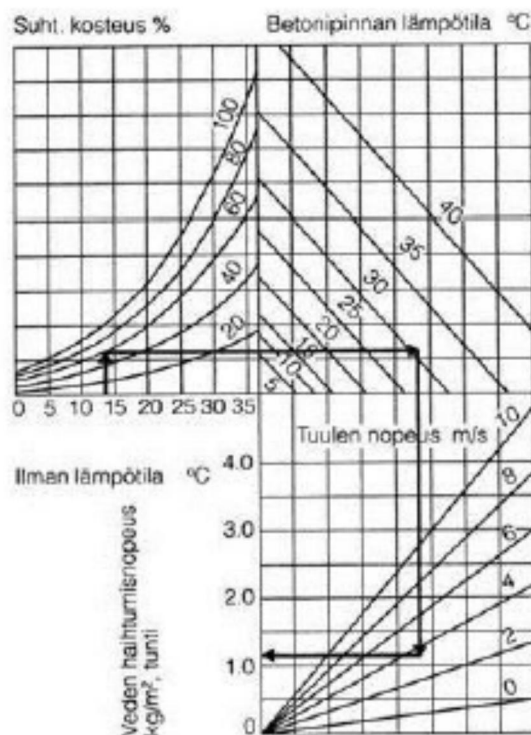
Optimaalinen säätila betonointiin on:

- Ympäröivän ilman sekä alustan lämpötila +10–15 °C
- Tuuli 0 m/s
- RH 100 %
- Ei auringonpaistetta. (lisää lämpötilaeroja)

Valuolosuhteiden vaikutus halkeiluun						
Olosuhde		Mitä tapahtuu -->		Vaikutus tuotantoon	Kutistuman tyyppi	Miten ehkäiset
Ilman lämpötila	< +5 C	Pinnan sitoutumisaika on pitkä -->	Vettä pääsee haihtumaan rakenteen pinnalta pitkään	Hiertämisen aloittaminen viivästyy koska betoni ei kanna ja rakenteen pintaan nousee vielä vettä	PLASTINEN KUTISTUMA	Nopea sementti Kuumabetoni Ilman lämmittäminen
	> +20 C	Pinnan sitoutumisaika on lyhyt -->	Vesi haihtuu laatan pinnalta nopeasti	Hiertämisen aloittaminen aikaistuu koska veden erottuminen pintaan loppuu nopeasti.	PLASTINEN KUTISTUMA	Aloita betonointi yöllä Hidas sementti Välihoitoaine
Alustan lämpötila	< +5 C	Betoni jäähtyy nopeasti alustan lämpötilaan	Vettä pääsee haihtumaan rakenteen pinnalta pitkään	Hiertämisen aloittaminen viivästyy koska betoni ei kanna ja rakenteen pintaan nousee vielä vettä	PLASTINEN KUTISTUMA	Nopea sementti Kuumabetoni Alustan lämmittäminen
		Alustan ja betonin välille syntyy lämpötilaeroja	Johtuen betonin eri lämpölaajenemiskertoimista eri ikäisillä betoneilla, alusta ja tuore betoni liikkuu eri tavoilla.	Ei vaikutusta betonointiin	LÄMPÖTILAEROISTA JOHTUVA KUTISTUMA	Alustaa tulee lämmittää niin kauan kunnes betoni saavuttanut 60% lujuudestaan
Suhteellinen kosteus	RH <50 %	Pinnan sitoutumisaika on lyhyt	Rakenteesta haihtuvan veden on helppo haihtua ilmaan	Hiertämisen aloittaminen aikaistuu koska veden erottuminen pintaan loppuu nopeasti.	PLASTINEN KUTISTUMA	Ilman kostuttaminen Välihoitoaine
Tuuli	> 4 m/s	Pinnan sitoutumisaika on lyhyt	Tuuli haihduttaa laatan pintaan erottuvaa vettä nopeasti	Hiertämisen aloittaminen aikaistuu koska veden erottuminen pintaan loppuu nopeasti.	PLASTINEN KUTISTUMA	Ilmavirtojen poisto Välihoitoaine

Kun ilman lämpötila laskee alle + 5°C, on ruvettava talvibetonoinnin edellyttämiin toimenpiteisiin.

Toimenpiteisiin olosuhteiden parantamiseksi tai varhaisjälkihoidon käyttöön kesä-olosuhteissa, on ruvettava kun veden haihtumisnopeus on alla olevan taulukon mukaan yli 1 kg/m²/h. (Pyri aina valitsemaan olosuhteiden parantaminen, välihoitoaineen käytön sijaan!!)



Varhaisjälkihoito suoritetaan heti pinnan oikaisun jälkeen ruiskuttamalla laatan pintaan välihoitoaine. Välihoitoa suoritettaessa varmista seuraavat asiat:

- Tuotteen toimittajalta
 - Annostus l/m²
 - Haihtuuko aine itsestään pois vai onko poistettava
- Välihoidon suorittajat ruiskuttavat varmasti aineen joka paikkaan

Välihoitoa suoritettaessa tuulisella säällä aineen levityksen onnistuminen hyvin, on erittäin epätodennäköistä. Pyri aina muuttamaan olosuhteita varhaisjälkihoiton sijaan!

Halkeilun kannalta hyvän betonimassan ominaisuuksia ovat:

- Vähän sementtipastaa (sementtiä ja vettä)
- Hierrettävissä 4h pinnan oikaisusta
- Maksimi raekoko 32 mm
- V/S-suhde yli 0,6 (maltillinen lujuus C25/30)
- Pieni notkeusluokka (S2)
- Hydrataatiolämmöt pysyvät sopivina olosuhteisiin nähden

Pyri valitsemaan betonin siirtomenetelmä ja työstötapa betonimassan ehdoilla eikä betonimassaa siirtomenetelmän ja työstötavan ehdoilla.

Betonin ominaisuuksista ainoastaan notkeusluokkaan ja maksimiraekokoon pystytään vaikuttamaan työmaalla. Suunnittelijan määrittämästä betonin lujuudesta ja rasitusluokasta päätettävät, varautumista aiheuttavat asiat on myös esitelty alla olevassa taulukossa:

Betonimassan vaikutus halkeiluun						
Betonin osa-alue		Mitä tapahtuu -->		Vaikutus tuotantoon	Kutistuman tyyppi	Miten ehkäiset
Runkoaine	8mm max raekoko	Paljon sementtipastaa	Sementtipasta on se mikä betonissa kutistuu	Helposti pumpattavaa Yhdessä ison notkeusluokan kanssa jättää oikaistun pinnan aaltoilevaksi	KUIVUMISKUTISTUMA	Valitse vähintään 16 mm raekoko
Notkeus	S1	Vähän vettä ja notkistimia	Vähän sementtipastaa	Vaikea työstää	EI AIHEUTA KUTISTUMAA	Halkeilun kannalta paras betonin notkeus
				Mahdoton pumpata		
	S4	Paljon vettä ja notkistina	Paljon sementtipastaa	Helposti pumpattavaa	KUIVUMISKUTISTUMA	Valitse notkeusluokaksi S2
				Yhdessä pienen runkoaineen kanssa jättää oikaistun pinnan aaltoilevaksi		
Lujuus (V/S-suhte)	>C30/37	Vähän ylimääräistä vettä	Olosuhteiden optimointi korostuu	Ei vaikuta työstettävyyteen	PLASTINEN KUTISTUMA	OLOSUHTEET!
	V/S <0,55	Todennäköisesti tehonotkistettu	Kylmillä säillä tehonotkistimet hidastavat pinnan sitoutumista			Varhaisjalkihoito
						91 vrk iässä arvosteltavan sementin käyttö
Lujuus ja V/S-suhte kulkevat osittain käsikädessä. Rasitusluokissa XS, XD, XF ja XA on kiinnitettävä erityistä huomiota plastisen kutistuman ehkäisyyn						
Lämpötila	Laatan sisäinen lämpötilaero yli 30 C	Ydin on vielä märkä kun pinta on jo kuiva	Syntyy jännityksiä pinnan ja ytimen välille sekä laatan pintaan	Tapahtuu paksuissa rakenteissa	LÄMPÖTILAEROISTA JOHTUVA HALKEAMA	Masuuniuonon käyttö
				Riski kasvaa talvella!		Lentotuhkan käyttö
						Talvella pinnan nopea suojaus pakkaselta
						Hidastavat lisäaineet
						91 vrk iässä arvosteltavan sementin käyttö

Betonin sisäiset lämpötilaerot tulee ottaa huomioon kun laatan paksuus on yli 350 mm

BETONOINNIN VAIKUTUS HALKEILUUN

Betonoinnin vaikutukset halkeiluun on suhteellisen pienet. Betonoinnilla vaikutetaan enemmän laatan suoruuteen, kulutuskestävyyteen, betonin tiiviyteen, pinnan karheuteen yms.

Laattabetonoinnissa huomiota on kiinnitettävä seuraaviin asioihin:

Pumppaus

- Pyri valamaan roikkovaluna → vältä linjavalua
 - Linjavalussa joudutaan betoniin lisäämään sementtiä/vettä/notkistimia
- Teräs- ja makrokuidut tekevät massasta vaikeammin pumpattavaa
- Käytä 100mm letkua pumppaukseen jos haluat optimoida betonin HUOM! varaa miehiä käsittelyyn. Letku painaa 40kg/m
- **Pyri valitsemaan jokin muu massan siirtotapa kuin pumppaus varsinkin jos joudut valamaan linjalla**

Massan levitys ja tiivistys

- Aloita valu kauimmaisesta nurkasta ja etene pumppua kohti
 - Poikkeuksena laatat minkä yhteydessä valetaan palkkeja tai seiniä. Tällöin palkit ja seinät valetaan ensin laatan alapintaan ennen kuin laatan betonointi aloitetaan **ja ne tulevat jälkitiivistää kun laatan betonointi etenee kyseiseen seinään tai palkkiin.**
- 300mm ja paksummat laatat valettava kahdessa kerroksessa
 - Valukerrokset tiivistettävä sekaisin tärysauvoin
- Mitä notkeampi massa, sitä vähemmän tiivistystä
- HUOM Tärypalkkien maksimi tiivistyssyvyys vain 100mm

Hierto ja liippaus

- **Optimaalinen hierron aloitusaika 4h pinnan oikaisusta, kun vettä ei enää erotu laatan pintaan**
 - Betonimassalla ja valuolosuhteilla vaikutetaan kts. edelliset
 - Plastisen vaiheen halkeilu näin minimissä
 - Valumiehille myös optimaalinen
- Hierrolla saadaan todella varhaisen vaiheen halkeamat piiloon
 - Halkeamat tulevat esiin mikäli pinta esim. sinkopuhalletaan

Kuivasirotteet

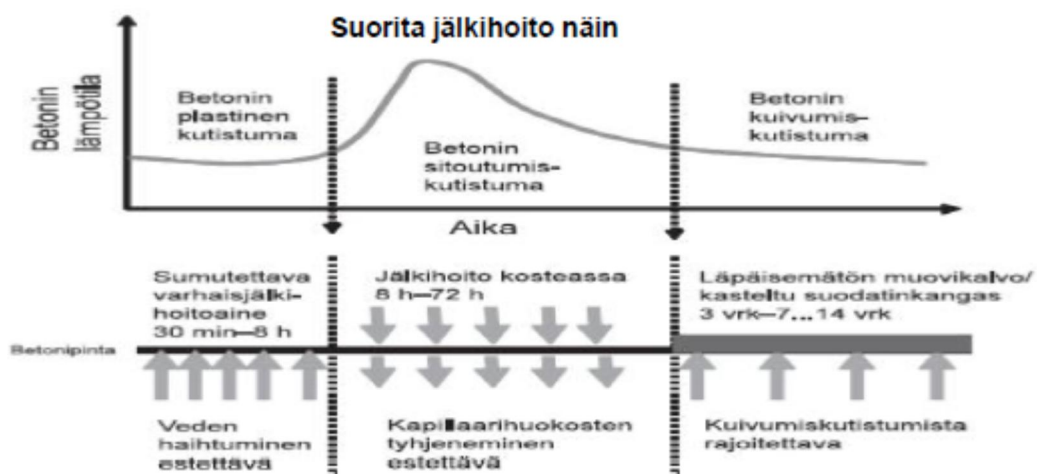
- Varmista sirotteen toimittajalta annostus ja mahdollinen minimi käyttölämpötila

- **HUOM** jos on kyseessä XF-luokan betoni varmista sirotteen toimittajalta tuotteen käyttö kyseisessä rasitusluokassa. (XF-luokan betoneissa laatan pintaan ei erotu tarpeeksi vettä jotta sirote toimisi.)

Halkeilun hallinta 8h – 14 vrk massan levittämisestä

Mikäli olosuhteet, betonimassa ja betonointi ovat onnistuneet, voidaan jälkihoito aloittaa n. 8h pinnan oikaisusta kun laatan pinnalla kestää kävellä ilman pinnan vaurioitumista. Tavoitteena halkeilun ehkäisyssä 8h pinnan oikaisun jälkeen on pitää olosuhteiden muutokset mahdollisimman loivina

Jälkihoidon tarkoituksena on siirtää kutistumien alkamisajankohta niin pitkälle että betoni on saavuttanut riittävän vetolujuuden pystyäkseen ottamaan kutistumien aiheuttamat vetojännitykset vastaan halkeamatta.



Lattian suositellut jälkihoitoajat ja menetelmät riippuvat lattiaan kohdistuvasta kulutusrasituksesta sekä ilman suhteellisesta kosteudesta jälkihoidon ajan.

Jälkihoitoajat ja menetelmät

Pinnoitettava lattia kun RH < 50 % 7 vrk

Pinnoitettava lattia kun RH > 80 % 3 vrk

- Pinnoitettavissa lattioissa halkeamat eivät useimmiten ole kriittisiä joten mahdollisuus pelkän jälkihoitoaineen käyttöön on olemassa. Tällöin aine tulee kuitenkin telata laatan pintaan.

Kulutusrasitettu lattia kun RH < 50% 14 vrk

Kulutusrasitettu lattia kun RH > 80% 7 vrk

- Kulutusrasitettujen lattioiden jälkihoitoajat ovat pidempiä koska jälkihoitolla parannetaan betonin kulutuskestävyyttä ja pölyämättömyyttä

Muut mahdollisesti halkeaman syntymistä ehkäisevät toimenpiteet

Betonilattiaa ei tulisi kuormittaa liian aikaisin. Nyrkkisääntö vähintään 60% lujuudesta ennen kuin esim. ajoneuvoliikennettä toimii hyvin. HUOM. jos käytetty plastisen halkeilun ja kuivumiskutuistuman ehkäisemiseen 91 vrk iässä arvosteltavaa sementtiä niin tämä aika pidentyy!